SISTEMA OPERATIVO TUTORIAL PIC18 wireless Tesla display LCD grafici Convertitore Onde Corte PCB Circuiti utili MicroOS CUBLOC conversione AD MikroBASIC

fare elettronica

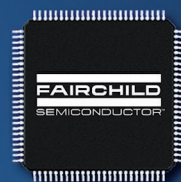
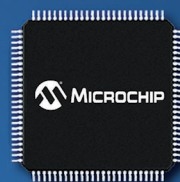
www.farelettronica.com

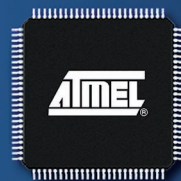
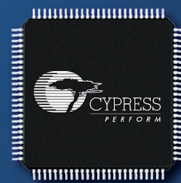
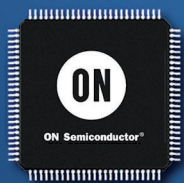
323 MAGGIO Mensile Anno XXVIII € 6,00

esperimenti

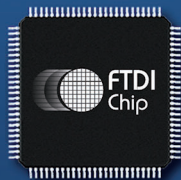
IL WIRELESS SECONDO TESLA

a tti company

CORSO DI MIKROBASIC GESTIONE DEI DISPLAY GRAFICI

INTERFACCIA DELPHI PER CUBLOC

Innovazione al quadrato

CONVERTITORE PER ONDE CORTE

IL CONVERTITORE A/D DEL PIC

TUTORIAL SUI PIC18

GLI ACCELEROMETRI MEMS

Semiconduttori a tecnologia avanzata

SCOPRI CON MOUSER LE ULTIME NOVITÀ DEL SETTORE

ISSN 1591-2272
20323
9 771591 227008

In edicola a Giugno

Prenotala al tuo edicolante
e se non la trovi puoi ordinarla qui

www.farelettronica.com/c2012

oltre 450 pagine di articoli e progetti a solo € 7.90

fe
fare elettronica
collection

www.farelettronica.com

n. 1 GIUGNO 2012 - € 7,90

COLLECTION 2012

PROGETTI COMPLETI
- Dissuasore antiaggressione
- Combinatore per antifurto
- Progetti con Arduino
- Lampada a LED
- Trasmissione dati con Bluetooth
- Scheda subtono per radio
- Analizzatore di rete ENEL
- Erogatore automatico
- Giochi di luce
- Radioricevitore VHF

PER IMPARARE
- I moltiplicatori di tensione
- Shift Registers
- I contatori digitali
- Tecniche di antirimbalzo
- Progettare gli oscillatori
- Manuale di saldatura

ISSN 1828-6976

323
maggio 2012

Zoom

Progettare & costruire

Info

Rispondi e... **VINCI!** *pag.* **98**

DIVERTITI E METTI
ALLA PROVA
LE TUE CONOSCENZE
CON **ELETTRO QUIZ**
E VINCI OGNI MESE
ESCLUSIVI PREMI!

Radio & radio

LUPUS IN FABULA

Gli articoli contrassegnati col simbolo WWW sono già disponibili in formato PDF* all'indirizzo www.farelettronica.com/club

*Puoi iscriverti al CLUB di Fare Elettronica versando una piccola quota annuale.

elenco inserzionisti

di MAURIZIO DEL CORSO

Il genio di TESLA

Ancora oggi un velo di mistero avvolge gli esperimenti di Nikola Tesla. Forse non era così pazzo come ci vogliono far credere...

Qualche tempo fa si poteva vedere in TV uno spot pubblicitario in cui gli uomini potevano azionare i propri dispositivi elettrici semplicemente inserendo la spina di corrente nel terreno. Era questo il sogno a cui Nikola Tesla ha dedicato la propria vita: riuscire a distribuire energia elettrica senza far uso di conduttori ma sfruttando la Terra come mezzo trasmissivo. Già all'epoca era considerato un pazzo visionario, ma fatto sta che i suoi studi e i suoi manoscritti sembrano svaniti nel nulla, forse custoditi gelosamente da qualcuno che ne conosce bene le potenzialità. Oggi sono molti i gruppi di appassionati he ricostruiscono le apparecchiature di Tesla, riproducendo i suoi esperimenti e generando fulmini artificiali in casa propria. Uno di questi è Diego che non solo "elettrizza" la sua casa con le bobine di Tesla, ma che è riuscito a far accendere una lampadina a 220V senza utilizzare i cavi elettrici.
Abbiamo chiesto a Diego di documentare il suo esperimento per condividerlo con i lettori e dopo una lunga attesa finalmente siamo orgogliosi di presentarvi il suo articolo che trovate nella sezione "zoom in". L'esperimento è in se affascinante e i risultati sono davvero "elettrizzanti".
Vi invito a postare i vostri commenti sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/farelettronica) mentre, per chi volesse cimentarsi in esperimenti simili, Diego è disponibile a fornirvi tutte le informazioni possibili.
Una sola raccomandazione: utilizzate sempre tutte le precauzioni del caso, perché con la corrente non si scherza!

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonio Cirella

DIRETTORE TECNICO
Maurizio Del Corso

Segreteria di redazione
Giorgia Generali

Comitato Scientifico
Simone Masoni (Microtest), Francesco Picchi (Microtest), Massimo Rovini (Università degli Studi di Pisa).

Art Director
Patrizia Villa

Grafica e impaginazione
Mara Florian

Hanno collaborato in questo numero:
Diego Barone, Roberto D'Amico, Francesco Di Lorenzo, Giovanni Di Maria, Dario Mazzeo, Giorgio Ober, Remo Riglioni, Nicola Taraschi.**Direzione Redazione**
INWARE Edizioni srl
Via Giotto, 7
20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225
info@inwaredizioni.it
www.inwaredizioni.it
Redazione: fe@inwaredizioni.it

Pubblicitá per l'Italia
Agostino Simone
Tel. 347 2230684
media@inwaredizioni.it

International Advertisement
Elisabetta Rossi
Tel. 328 3245956
international@inwaredizioni.it

Stampa
Prontostampa
via Redipuglia, 150
24045 Fara Gera d'Adda (BG)

Distribuzione
Parrini & C s.p.a.
Via di Santa Cornelia, 9
00060 Formello (RM)

Ufficio Abbonamenti
INWARE Edizioni srl
via Giotto, 7
20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504755
Fax. 02.66508225
L'ufficio abbonamenti è disponibile telefonicamente dal lunedì al venerdì dalle 14,30 alle 17,30.
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225

Abbonamento per l'Italia:
€ 55,00
Abbonamento per l'estero:
€ 115,00
Gli arretrati potranno essere richiesti, per iscritto, a **€ 9,00** oltre le spese di spedizione

Autorizzazione alla pubblicazione
Tribunale di Milano n.647
del 17/11/2003

Mensile associato all'USPI
(Unione Stampa Periodica Italiana)

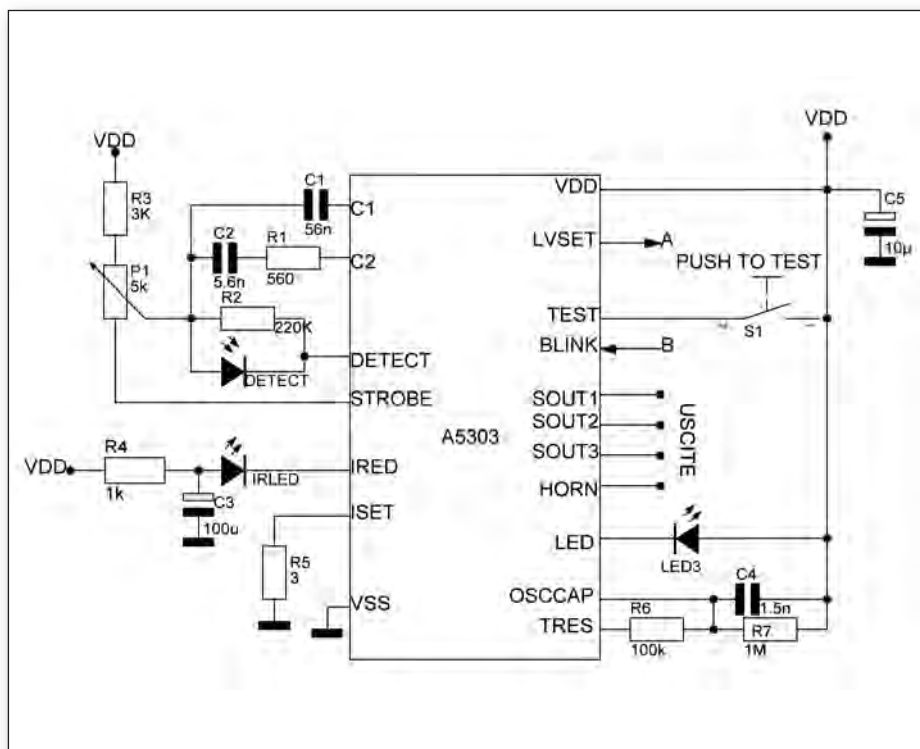
Privacy
Nel caso la rivista sia pervenuta in abbonamento o in omaggio, si rende noto che i dati in nostro possesso sono impiegati nel pieno rispetto del D.Lgs. 196/2003. I dati trasmessi a mezzo cartoline o questionari presenti nella rivista, potranno venire utilizzati per indagini di mercato, proposte commerciali, o l'inoltro di altri prodotti editoriali a scopo di saggio. L'interessato potrà avvalersi dei diritti previsti dalla succitata legge. In conformità a quanto disposto dal Codice di deontologia relativo al Trattamento di dati personali art. 2, comma 2, si comunica che presso la nostra sede di Cormano via Giotto, 77, esiste una banca dati di uso redazionale. Gli interessati potranno esercitare i diritti previsti dal D.Lgs. 196/2003 contattando il Responsabile del Trattamento Inware Edizioni Srl (info@inwaredizioni.it).

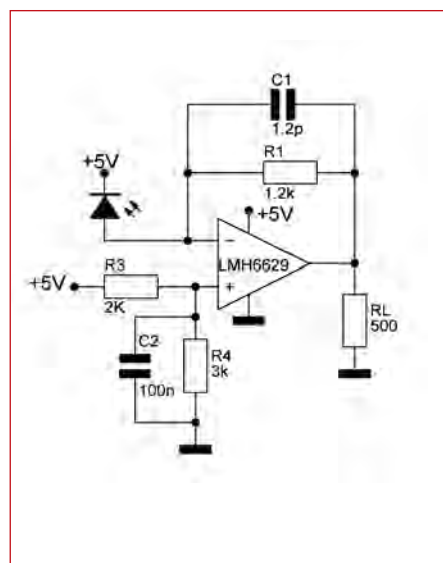
Collaborare con FARE ELETTRONICA
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate all'attenzione di Maurizio Del Corso (m.delcorso@inwaredizioni.it) e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

You have a choice.

Pick any architecture you want. Choose the programming language that suits you best. Whatever you go for, the same comfortable and **intuitive IDE** will follow. Powerful **SSA optimizations**, resourceful **Help** file, dozens of **Tools** and lots of **Examples** are here to get you started quickly. And if you ever change your mind, just switch between different architectures easily. We have been carefully planning backward compatibility for over **500 of our library functions**, so you will be able to literally copy-paste your existing codes and build them with just a few adjustments.

GET IT NOW
www.mikroe.com

di FRANCESCO DI LORENZO

Rilevatore DI FUMO

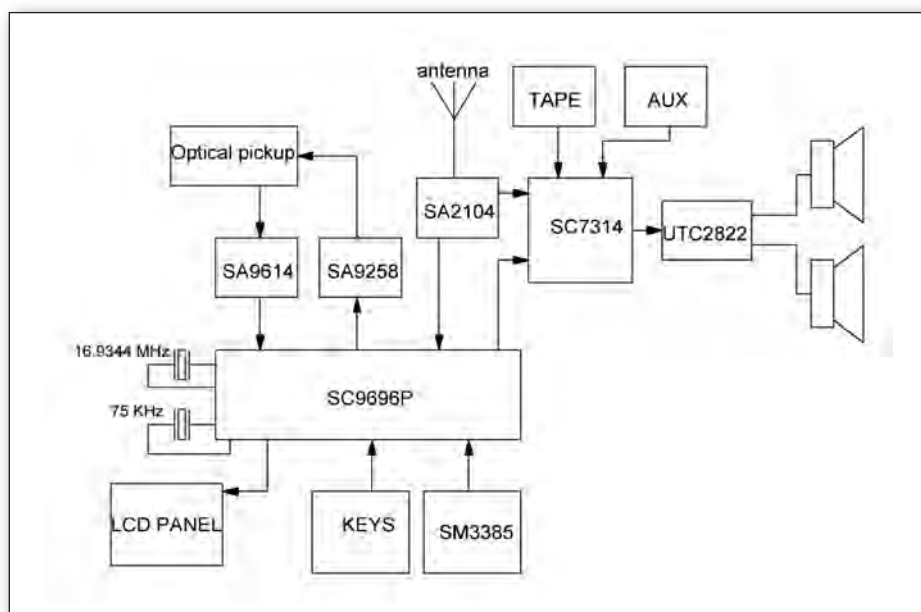
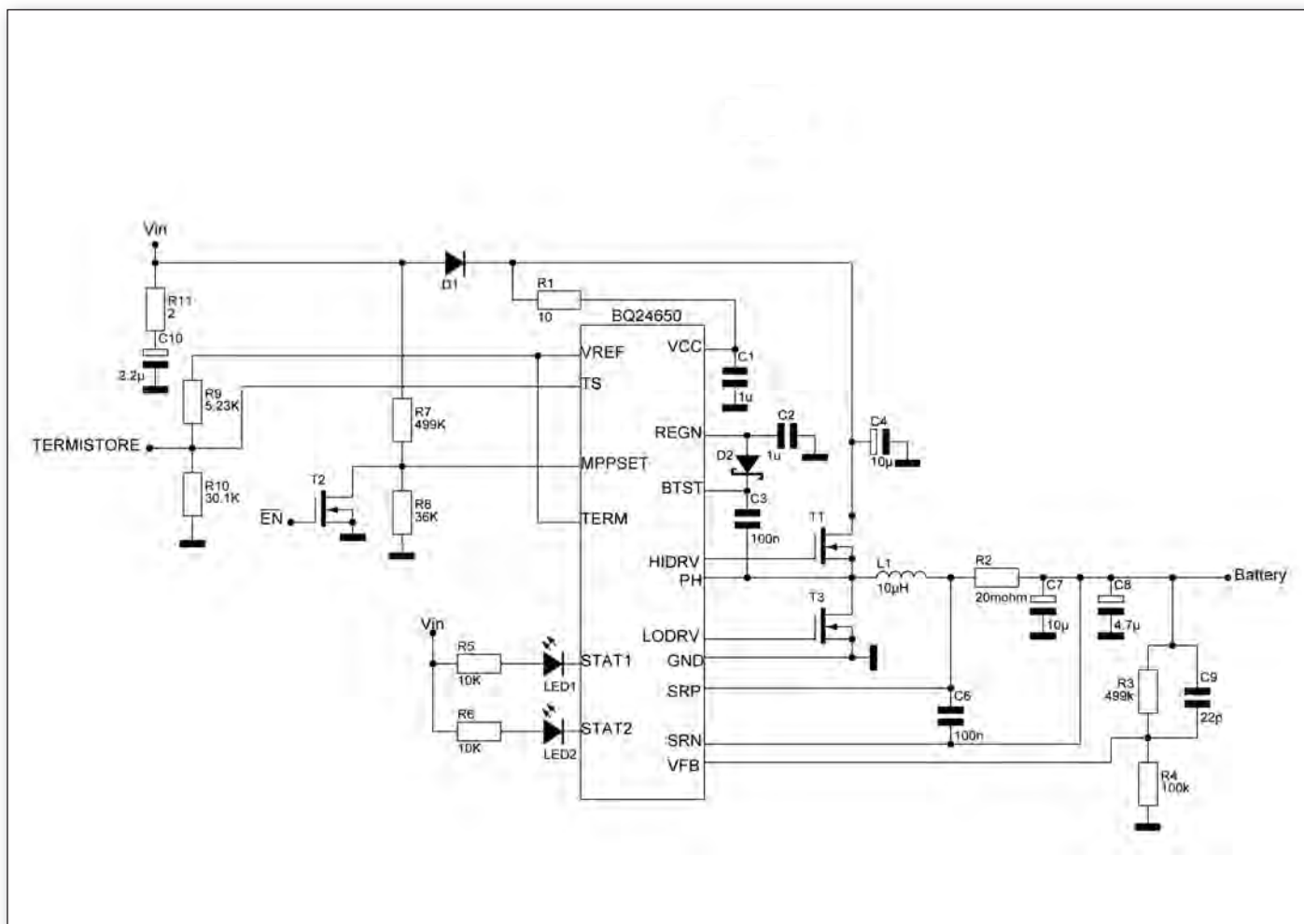
L'A5303 è un chip che funge da rilevatore di fumo che può funzionare per 10 anni alimentato da batterie di tipo economico. Questo dispositivo può essere utilizzato per rilevare fumo mediate un sensore a infrarossi . Può comunicare con altri sensori a infrarossi che fungono da rilevatori di fumo,e attivare la sirena. &

AMPLI A BASSO RUMORE

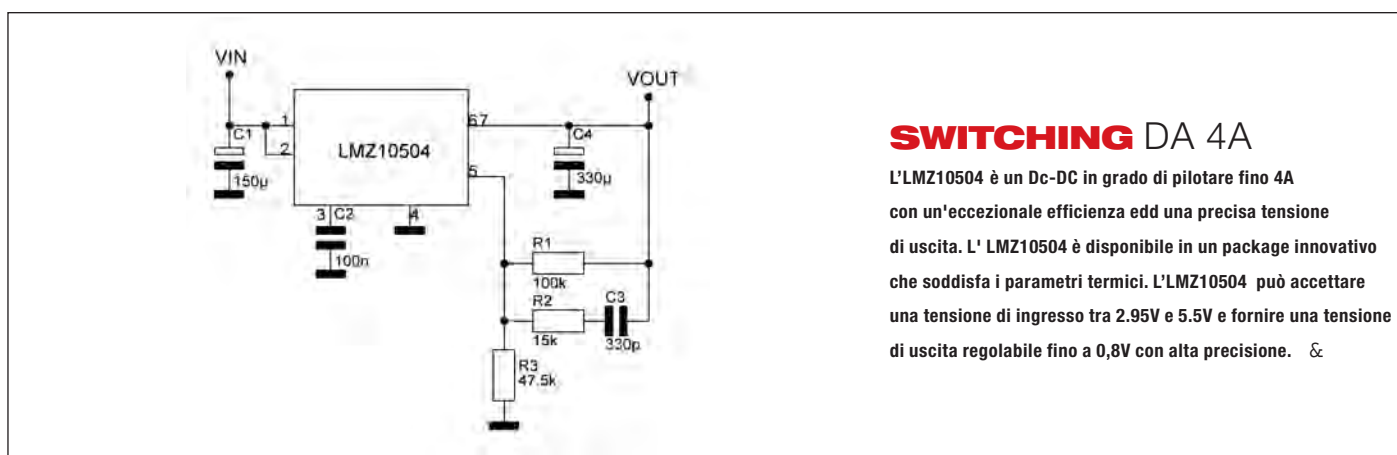
L'LMH6629 è un amplificatore a basso rumore progettato per applicazioni che richiedono larghezza di banda larga ad alto guadagno e basso rumore, come nella comunicazione, test e misura, nei sistemi ottici e ad ultrasuoni.

Il LMH6629 opera da 2,7 a 5,5 V ed il guadagno può essere gestito dall'utente nel range da 4 a10.

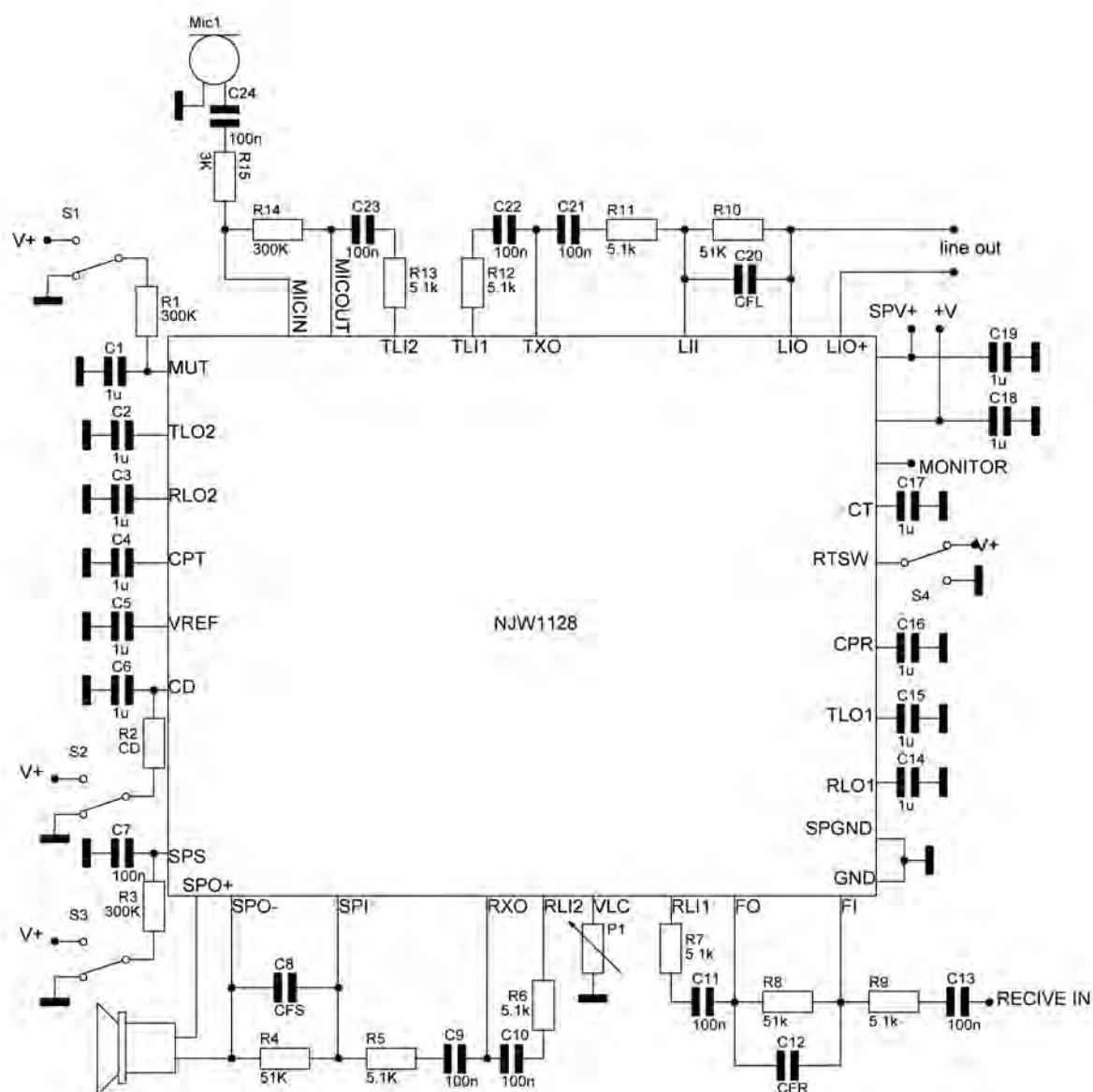
È disponibile nel package o SOT23-5. &

UN CHIP *MULTIMEDIALE*

SC9696P è un controller multimediale utilizzato nel campo audio, realizzato dalla Samsung. E' in grado di gestire lettori CD, display, tasti per la gestione delle tracce, sensori IRDA per l'utilizzo di telecomandi, integra anche un orologio interno ed è in grado di convertire file MP3. Va alimentato con una tensione non superiore ai 5V. &

ALIMENTATORE *SWITCHING*

Il BQ24650 è un alimentatore switching, utilizzato nei caricabatterie. Esso ha un sistema di autoregolazione che regola la quantità di carica in base alla richiesta da parte della batteria. Il BQ24650 lavora ad una frequenza costante, utilizzando una modulazione PWM, ed è in grado di monitorare autonomamente lo stato della carica. &

SWITCHING DA 4A

L'LMZ10504 è un Dc-DC in grado di pilotare fino 4A con un'eccezionale efficienza edd una precisa tensione di uscita. L' LMZ10504 è disponibile in un package innovativo che soddisfa i parametri termici. L'LMZ10504 può accettare una tensione di ingresso tra 2.95V e 5.5V e fornire una tensione di uscita regolabile fino a 0,8V con alta precisione. &

di FRANCESCO DI LORENZO

VIVAVOCE

Il NJW1128 è un circuito integrato realizzato per Vivavoce. Esso comprende tutte le funzioni con un sistema di elaborazione ad alta qualità e viene impiegato, ad esempio, come amplificatore o come attenutaore. Il NJW1128 può essere alimentato con una tensione variabile da 4 a 5,5V. I condensatori esterni sono stati scelti in modo che siano utilizzati sono quelli ceramici. &

GIGALOG S: DATA-LOGGER DA 16 INGRESSI DA 24 BIT

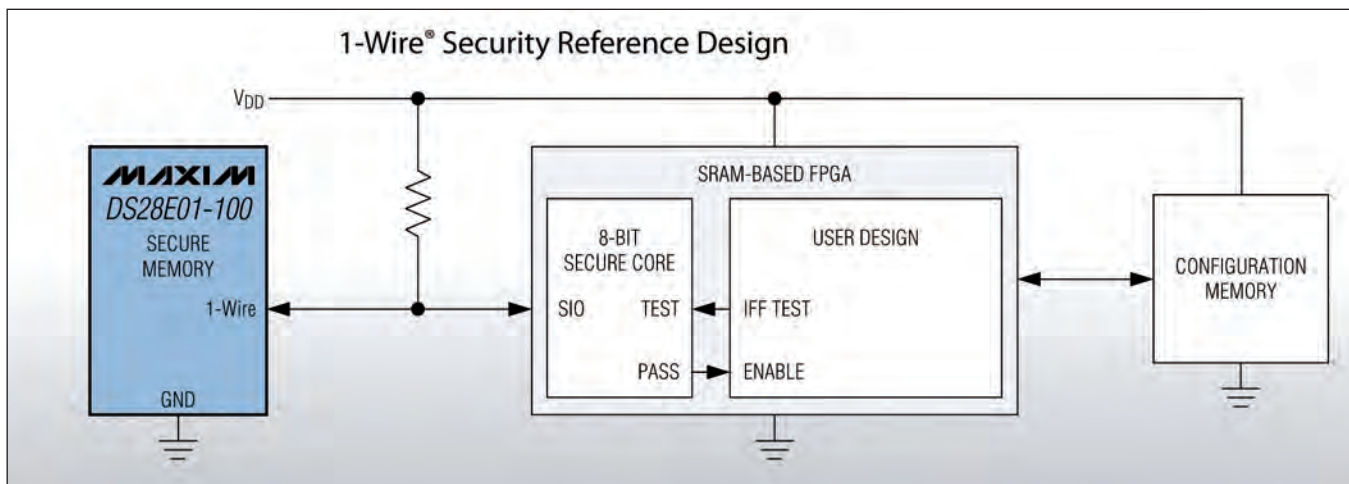
GigaLog S è un Data-Logger (Raccoglitore di Dati) che usa una scheda di memoria miniSD. Il GigaLog S è disponibile con LCD Grafico, a colori, per visualizzare i dati. Con GigaLog S ogni sistema embedded può raccogliere i propri dati semplicemente, per un periodo di tempo molto lungo, salvarli su una miniSD e renderli leggibili tramite un PC. Gigalog S ha 16 ingressi singoli. Coppie di ingressi possono essere utilizzate come ingressi differenziali. Ogni ingresso può essere configurato come analogico, digitale o contatore. Gigalog campiona questi ingressi regolarmente e li salva in un file nella memory card. I dati possono essere trasmessi attraverso una delle due interfacce seriali RS232 e possono quindi essere salvati nel disco in un file. Un Data Frame da RS232 è considerato un dato consecutivo con un gap di almeno 0.5 secondi. GigaLog può essere configurata per aggiungere una traccia temporale (nel formato aaaa:mm:gg oo:mm:ss) all'inizio e/o alla fine di ogni data frame. GigaLog S può essere completamente controllata tramite un modem: verifica stato, cambio configurazione, gestione disco, carico logged data. Per ogni ingresso si può impostare una soglia minima a una massima e quando il segnale applicato supera una delle soglie impostate, interviene un allarme. L'allarme può essere una leva, un relè, un messaggio scritto nel file sul disco, una chiamata ad un centro usando un telefono, o mandando un SMS, usando un modem GSM. Con il GigaLog S è possibile inserire i propri dati direttamente su un server FTP da Internet utilizzando un modem speciale. I dati possono essere inseriti in un database MySQL.

GigaLog S è distribuito da Grifo - Via dell'Artigiano 8/6 - 40016 San Giorgio di Piano (BO)

CODICE MIP 2821933

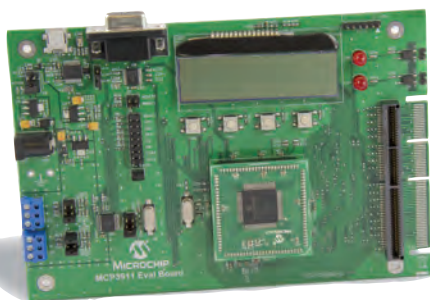
PROTEZIONE DEGLI FPGA

Maxim Integrated Products, Inc. ha annunciato la disponibilità di un progetto di riferimento ideato per proteggere gli FPGA (Field-Programmable Gate Array) della famiglia Spartan 6 di Xilinx. Questo progetto include il software di sicurezza gratuito di Maxim o Xilinx e il dispositivo di memoria protetto DS28E01-100 di Maxim che utilizza il protocollo 1-Wire. Operativo su un singolo pin, il processo di autenticazione di tipo challenge/response integrato e implementato mediante l'algoritmo SHA-1 utilizzato da DS28E01-100 impedisce realizzazioni non autorizzate del prodotto e protegge gli IP integrati nell'FPGA. Il progetto di riferimento consente ai produttori di avviare a distanza gli aggiornameti delle caratteristiche controllate da un software tramite il pagamento di un canone senza richiedere nessuna modifica fisica dell'hardware installato. Lo schema di sicurezza richiede il caricamento di chiavi segrete nell'FPGA e una memoria protetta che utilizza il protocollo 1-Wire. Il progetto di riferimento di Maxim interagisce perfettamente con i dispositivi della serie Spartan 6; esso utilizza una percentuale di celle logiche inferiore al 5% e semplifica il caricamento delle chiavi segrete nell'FPGA. Maxim può anche pre-programmare il dispositivo DS28E01 con chiavi definite dall'utente prima della consegna.

CODICE MIP 2821958

MOODULO INTELLIGENTE
di lettura-scrittura NFC

Avnet Memec ha presentato un nuovo modulo intelligente di lettura-scrittura NFC (Near Field Communications) prodotto da Adeunis RF. Compatto e affidabile, il dispositivo si rivolge alle applicazioni di eCommerce, un settore in forte crescita.
Il nuovo modulo di lettura-scrittura NFC consentirà di semplificare i progetti e lo sviluppo di soluzioni per pagamento senza contatto, emissione di biglietti/scontrini e controllo degli accessi. Operando come gateway NFC, il modulo fornisce un sistema di trasporto sicuro delle informazioni mediante il riconoscimento dell'identità e del protocollo. Il dispositivo può essere installato sia all'interno che all'esterno dell'antenna, prestandosi a una grande varietà di progetti.
Basato su una MCU Renesas dedicata, il modulo di lettura-scrittura Adeunis-RF funziona a 13,56MHz. Il dispositivo può funzionare in modalità tipo A, B, F e RFID, con velocità comprese tra 1,65 e 26,48 kbits/s (RFID) e tra 106 e 847 kbits/s (tag di tipo A, B, F).

CODICE MIP 2822234

FRONT-END ANALOGICO
DI NUOVA GENERAZIONE

MCP3911 Evaluation Board (Part # ADM00398)

Microchip annuncia il dispositivo MCP3911, AFE (analogue front end) di nuova generazione per le misure di energia. Il nuovo AFE è dotato di due ADC delta-sigma a 24-bit che operano a 3V e che garantiscono i migliori livelli di precisione attualmente disponibili in commercio: SINAD di 94.5 dB e THD di 106.5 dB. Queste caratteristiche permettono di sviluppare contatori di misura e soluzioni di monitoraggio dell'alimentazione che garantiscono prestazioni superiori attraverso una rilevazione accurata di un range di correnti che va dallo start-up ai valori massimi. A questo si aggiunge una maggiore velocità di calibrazione in fase di produzione. La disponibilità di quattro modalità operative offre la flessibilità necessaria per realizzare progetti con consumi estremamente contenuti, fino a 0,8 mA per canale, o destinati a gestire contenuti armonici e segnali ad altissima velocità. Il range di temperatura esteso consente di operare da -40°C a +125°C. L'MCP3911 ha la possibilità di operare in modo analogico e digitale da 2,7 a 3,6V, caratteristica che semplifica l'interfaccia grazie alla possibilità di condividere la stessa linea di alimentazione del microcontroller.

CODICE MIP 2822109

I COMPILATORI MIKROE PER ARM **supportano le MCU STM32**

Le nuove release (disponibili tra pochissimi giorni) dei compilatori per ARM di Mikroelektronika (mikroC, mikoBasic e mikroPascal for ARM) supporteranno 186 nuovi microcontrollori STM32. Questo significa che saranno supportati sia i microcontrollori Stellaris ARM Cortex-M3 e M4 che i microcontrollori STM32 ARM Cortex-M3 e M4. I compilatori includeranno anche un set completo di librerie ed esempi per i nuovi microcontrollori. Infine, è stato aggiunto il supporto anche per il debugger hardware ST-LINK v2 per i compilatori mikroC, mikroBasic e mikroPascal for ARM.

CODICE MIP 2822248

Analizzatore di segnale di onde millimetriche con ottimo rapporto prezzo prestazioni

Agilent Technologies Inc. ha annunciato che il suo analizzatore di segnale EXA per onde millimetriche copre le frequenze fino a 44 GHz ed è, dunque, uno dei migliori prodotti dell'industria per rapporto prezzo prestazioni. Con la miscelazione esterna, può coprire fino a 325 GHz, con risultati semplici, ma con la misurazione di onde millimetriche molto accurata.

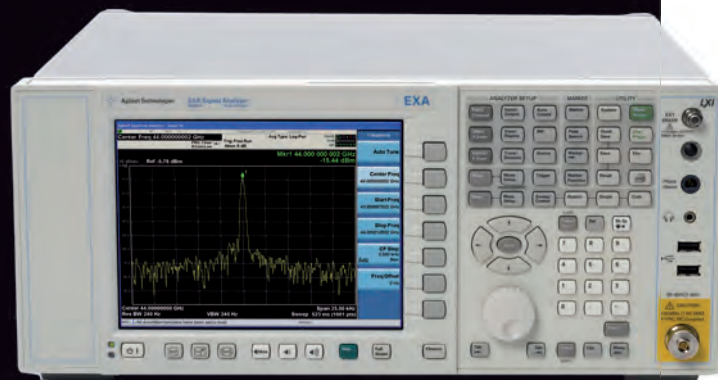
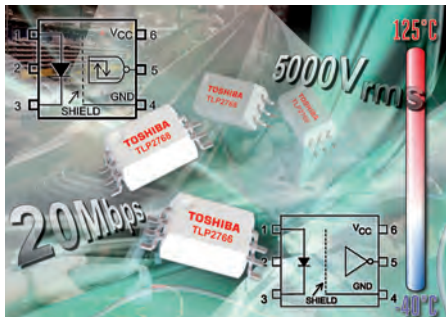
La necessità di testare e gestire sistemi nella gamme delle onde millimetriche è oggigiorno molto sentito. Inoltre, la crescente richiesta di radar ad alta risoluzione, sistemi di imaging e sisitemi di sensori, insieme a comunicazione dati multi-gigabit wireless e con fibra, ha favorito il crescente interesse di componenti e sistemi ad alta frequenza. L'EXA ha capacità estese e prestazioni superiori nella misurazione di onde millimetriche per affrontare efficacemente queste esigenze, offrendo un'alternativa a basso costo.

Come gli altri analizzatori di segnale Agilent X-Series, l'EXA è versatile, espandibile, offre la più ampia gamma di applicazioni di misurazione, e può essere facilmente aggiornato. Inoltre, la sua portabilità rispetto all'analizzatore di segnale PXA (16 kg contro 22 kg), lo rende ideale per applicazioni di misura di onde millimetriche nel settore aerospaziale e difesa e nelle comunicazioni wireless backhaul.

L'eccezionale sensibilità dell'EXA (<-140 dBm / Hz attraverso la V-band con miscelatori di armoniche intelligenti Agilent) permette una misurazione precisa di spurie e armoniche. Insieme con le sue eccellenti performance di fase-noise (-106 dBc / Hz a 10 kHz offset tipico, 1 GHz carrier), l'EXA è in grado di soddisfare le più severe normative e requisiti di test per la progettazioni di dispositivi in onde millimetriche e la verifica delle prestazioni.

L'EXA fa parte della gamma di analizzatori di segnale X-Series Agilent, con una copertura di frequenza da 10 Hz a 44 GHz. La X-Series è un approccio evolutivo per l'analisi del segnale che si estende su strumenti, misure e software, tra cui più di 25 applicazioni leader del settore di misura che coprono la comunicazione cellulare, la connettività wireless, video digitale e per altri scopi.

Inserire vicino o sopra la foto, in piccolissimo: "Reproduced with Permission, Courtesy of Agilent Technologies, Inc"

CODICE MIP

FOTOACCOPPIATORI A RANGE **TERMICO ESTESO**

Toshiba Electronics Europe ha presentato due nuovi fotoaccoppiatori logici integrati ad alta velocità che soddisfano i requisiti internazionali di sicurezza per le apparecchiature ad isolamento rinforzato, hanno dimensioni dimezzate rispetto ai corrispondenti dispositivi DIP8.

I chip TLP2766 e TLP2768 sono disponibili in piccoli contenitori SDIP6 che misurano solo 9,7 mm x 4,58 mm x 3,65 mm pur mantenendo una tensione di isolamento minima di 5000 Veff. Entrambi funzionano con tensioni di alimentazione comprese tra 2,7 V e 5,5 V. I nuovi accoppiatori Toshiba sono progettati per trasmissioni ad alta velocità e supportando tipicamente trasmissioni a 20 Mbps. Le uscite in totem-pole a logica invertita permettono la realizzazione di configurazioni di pilotaggio del carico sia di tipo sink che di tipo source. Entrambi i dispositivi sono costituiti da un fotorivelatore ad alta velocità, accoppiato otticamente a un LED al GaAlAs. Le correnti massime di ingresso di soglia e di alimentazione sono pari rispettivamente a 3,5 mA e a 3 mA per il TLP2766 e a 5,0 mA e a 4 mA nel caso del TLP2768. Inoltre, i dispositivi incorporano una gabbia di Faraday, garantendo un'immunità ai transitori di modo comune pari a 20 kV/µs.

CODICE MIP 2822133

Moduli I/O Brad HarshIO PROFINET

I Moduli I/O Brad HarshIO PROFINET di Molex, di recente presentati con tecnologia Fast Start-Up (FSU) per garantire soluzioni affidabili per il collegamento di controller industriali a dispositivi I/O e per l'avvio e l'utilizzo di moduli in meno di 500 ms, sono ora certificati da PNO (PROFIBUS Nutzerorganisation) sulla base delle specifiche PROFINET e soddisfano tutti i requisiti di conformità alla classe B.

Nel corso della certificazione, avvenuta con successo, sono stati soddisfatti tutti i requisiti di conformità alla classe B tra cui: sostituzione di Brad HarshIO semplice da eseguire senza necessità di disporre di attrezzi speciali, supporto al protocollo di gestione Simple Network Management Protocol (SNMP) con conseguente ampliamento della diagnostica Brad HarshIO delle funzioni di rete come i messaggi di stato delle porte e un protocollo Media Redundancy Protocol (MRP) adattato alle prestazioni per una maggiore affidabilità dei dati.

CODICE MIP 2821744

21 Giugno 2012

Embedded IC & Automation

Una giornata di approfondimenti, dibattiti e incontri tra professionisti per dare uno sguardo insieme al futuro. Il termine "sistema embedded" identifica genericamente un sistema elettronico a microprocessore progettato espressamente per una applicazione/funzione specifica. Il termine identifica una vasta serie di sistemi diversi per complessità (funzionalità) e dimensioni, in relazione al tipo di microprocessore, al sistema operativo, ed alla complessità del software. Nel nostro caso per "sistema embedded" inetndiamo un computer progettato per una specifica funzione di controllo all'interno di un sistema generalmente più complesso.Gli interventi del convegno sono indicati e coordinati dal comitato tecnico Assodel.

Dove: Centro Congressi Milanofiori - Milano
Quando: 21 Giugno 2012
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Fortronic
info:www.fortronic.it

Codice MIP 2808332

7-8 maggio 2011

Ham Radio

Un appuntamento storico per i radioamatori. L'Ham Radio di Friedrichshafen è la fiera europea di riferimento per radioamatori ed hobbisti elettronici che attrae visitatori da tutto il mondo. In occasione della fiera si terranno workshop e conferenze di sicuro interesse per gli appassionati del settore.

Dove: Friedrichshafen (Germania)
Quando: 22-24 Giugno 2012
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Messe Friedrichshafen
info: www.hamradio-friedrichshafen.de

Codice MIP 2806570

22 – 24 GIUGNO 2012

Mostra dell'elettronica

Computer e telefonia, informatica, elettronica, antenne e TV/SAT, Hi-Fi, sicurezza informatica, editoria specializzata. Queste le tamatiche della terza edizione della Mostra dell'elettronica in Valle d'Itria.

Dove: Martina Franca (TA)
Quando: 22-24 Giugno 2012
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Anse Fiere
info: www.ansefiere.it

Codice MIP 2806574

9-10 Giugno 2012

Grande Fiera dell'elettronica

Fiera dell'elettronica, radiantistica, surplus, telefonia. Grandi occasioni anche per informatica, CD, DVD e stampa specializzata.

Dove: Longarone (BL)
Quando: 9-10 Giugno 2012
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Compendio Fiere
info:www.compendiofiere.it

Codice MIP 2806572

1-2 settembre 2012

RADIANTISTICA Expò

L'1 e 2 settembre 2012 si rinnova l'appuntamento con Radiantistica Expò, la fiera mercato dedicata al radiantismo, all'informatica, ai computer, all'elettronica. Un'edizione, la trentanovesima, che si annuncia ricca di opportunità per i consumatori e di eventi speciali dall'alto contenuto tecnico dedicati al pubblico dei radioamatori e agli appassionati di radio d'epoca.

Dove: Montichiari (BS)
Quando:1-2 Settembre 2012
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Centro Fiera SPA
info: www.centrofiera.it

Codice MIP 2809668

FIERA DELL' ELETTRONICA

CALITRI

(AVELLINO)

QUARTIERE FIERISTICO

12 -13 MAGGIO 2012

orario continuato dalle 9.00 alle 19.00

FIERA DELL'ELETTRONICA IN GENERE

BUONO SCONTO di € 1,00

Da presentare alla biglietteria (offerta non cumulabile)

Rimani sempre aggiornato, iscriviti alla newsletter di Italfiere

Email:...

Provincia di provenienza:..................................

Come hai saputo di questa fiera? ....

Puoi scaricare lo sconto anche dal sito internet
www.italfiere.net

COME RAGGIUNGERCI

Quartiere Fieristico
Loc. Contrada Croce
Penta 18

Calitri è situata alla confluenza di tre province: Foggia, Potenza e Avellino

- Autostrada A16 Napoli-Bari: uscita casello di Lacedonia oppure Candela
- Autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria: uscita casello di Contursi
- Autostrada A14 Bologna-Taranto: uscita casello di Foggia, poi S.S.655 fino a Candela, quindi seguire le indicazioni per Calitri.

VI ASPETTANO ESPOSITORI DA TUTTA ITALIA

CON QUESTE PROPOSTE

Elettronica in genere a prezzi eccezionali
• Informatica, Computer, CD, DVD, ricambi e accessori elettrici ed elettronici, giochi elettronici, editoriaspecializzata del settore • Strumenti di lavoro e di precisione...ed altri 1000 articoli di grande interesse!!!!

Servizio Segreteria, bancomat, bar, punto ristoro

PARCHEGGI GRATUITI

di DIEGO BARONE

Il WIRELESS di Nikola Tesla

Il "Sistema Wireless di Tesla" è un metodo per trasmettere energia a distanza in grande quantità e con rendimenti elevati. Vediamo quale è il principio su cui si basa.

Probabilmente l'idea di base prevedeva la possibilità di prendere un ricevitore adeguato, collocarlo in un qualsiasi posto ed avere l'energia elettrica di cui si aveva bisogno (un po' come in quella pubblicità dove un tizio fra tre buchi nella sabbia e attacca la spina). Detto così sembra una cosa fantascientifica, in realtà con questo articolo dimostreremo che è realmente realizzabile. Attenzione però: che sia realizzabile non vuol dire che si presti ad essere utilizzata correntemente e senza rischi! L'esperimento proposto in questo articolo utilizza tensioni estremamente elevate (dell'ordine del centinaio di kiloVolt), produce intensi campi elettromagnetici che possono alterare il funzionamento dei dispositivi elettronici fino a provocare dei guasti e, complici le scariche a corona, produce ozono. Quindi sarà necessario adottare le seguenti misure di sicurezza:

- Fate i vostri esperimenti lontani da apparecchiature elettroniche (e soprattutto da PACEMAKER)
- Evitate il funzionamento per lungo periodo in ambienti chiusi e preferite luoghi areati

RIFERIMENTI UFFICIALI: I BREVETTI E GLI ARTICOLI DI NIKOLA TESLA

A differenza di quello che si legge in rete, tutta le teoria che esporrò è basata sui brevetti di Nikola Tesla. Tali brevetti sono liberamente accessibili sia tramite wikipedia che tramite il sito dell'ufficio brevetti degli Stati Uniti (www.uspto.gov), per cui ritengo che non ci sia da discutere sulla loro attendibilità. Tesla ha ottenuto parecchie decine di brevetti, che spaziano dai generatori (e sistemi di regolazioni più o meno curiosi), ai motori, alle lampade (ad arco, a fluorescenza...), ai trasformatori (risonanti e non), ai sistemi di trasporto dell'energia elettrica. In questa sede ci interessano soprattutto i tre brevetti seguenti:

- Brevetto n°593138: "Electric Transformer" (1897)
- Brevetto n°645576: "System of transmission of electrical energy" (1900)
- Brevetto n°649621: "Apparatus for transmission of electrical energy" (1900)

A questi si aggiunge "The True Wireless": un articolo pubblicato su "The electrical experimenteer" del maggio 1919 che riassume un po' tutto l'argomento. Non so quanto sia ufficiale, anche se dal sottotitolo sembra che sia scritto dallo stesso Tesla, però quello che vi è scritto è in linea con i brevetti e fisicamente sensato. È una lettura molto piacevole, anche per via della vena marcatamente polemica nei confronti della teoria della propagazione di Hertz (che, con un po' troppo impeto, viene in qualche modo definita come una aberrazione della mente umana).

IL SISTEMA WIRELESS: LA TEORIA

Una precisazione: nel linguaggio (e nell'esperienza) di tutti i giorni associamo "wireless" con "senza conduttori". Quindi, "wireless" è il radiocomando che apre il cancello, "wireless" è il router wlan, "wireless" è il cellulare. E tutte queste cose, in effetti, funzionano senza che vi sia un vero e proprio conduttore che collega i vari apparecchi fra loro. Però, niente vieta di pensare a "wireless" come "senza fili", e non è la stessa cosa: perché ci porta diritti diritti al concetto di wireless secondo Tesla!

Tutto ha origine col brevetto n° 593138 (il primo della lista). In esso, Nikola Tesla

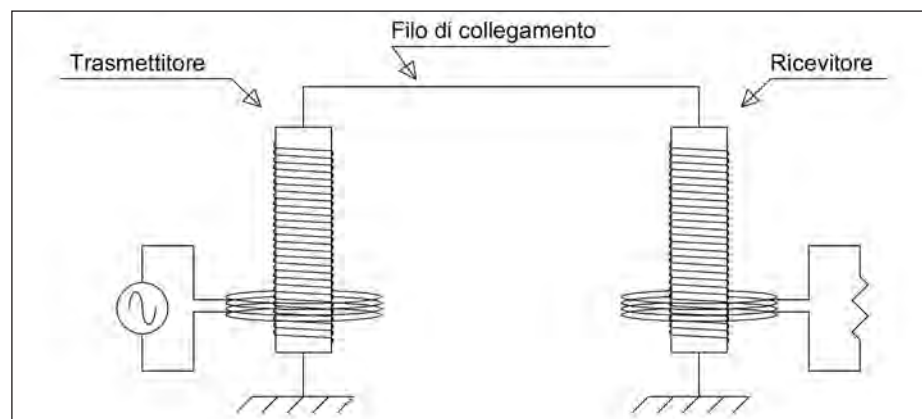



Figura 1: sistema di trasporto energia – brevetto 593138.

propone un sistema di trasporto dell'energia elettrica caratterizzato da:
• Trasporto dell'energia alla tensione più alta possibile in maniera da ridurre la corrente, poter usare conduttori di sezione inferiore e ridurre comunque le perdite. Idea semplice e geniale (usata tutt'ora negli elettrodotti di tutto il mondo) per l'epoca era innovativa e minava alle fondamenta tutto il sistema in corrente continua di Edison. Vi invito a cercare in rete la storia della "guerra delle correnti" fra Tesla ed Edison
• Utilizzo della terra (intesa come il pianeta terra) come conduttore in modo. In questo modo, poiché stiamo trattando di un sistema monofase, l'elettrodotto viene ad essere costituito da un solo conduttore (intendiamoci: "un solo conduttore" è visibile, l'altro è … "annegato" nel suolo)
• Utilizzo dei trasformatori risonanti in alta frequenza per l'innalzamento della tensione (che all'epoca erano decisamente il metodo più semplice per disporre di enormi tensioni pur contenendo i problemi dell'isolamento).
In sostanza, Tesla proponeva il sistema della **figura 1**. Il vero colpo di genio è nell'utilizzo della terra: un conduttore enorme, presente ovunque, contattabile con un semplice paletto e gratis. Perché non sfruttarlo? A questo punto, facciamo un passo avanti con un breve ragionamento:
• riusciamo a trasmettere potenza con una corrente piccola quanto vogliamo (basta salire con la tensione, almeno in linea di principio)
• in linea teorica, la corrente di cui abbiamo bisogno potrebbe anche essere ridotta quasi a zero
• sempre in linea teorica possiamo usare la frequenza che più ci aggrada
• accettando una caduta di tensione (che comunque può essere ridotta quasi a zero giocando opportunamente su frequenza di lavoro e corrente circolante) il conduttore può essere sostituito con un condensatore.
E così arriviamo ai due brevetti n° 645576 e 649621, nei quali viene proposto il sistema della **figura 2** I due elettrodi sferici sulla sommità dei trasformatori in alta frequenza costituiscono sia una capacità verso massa sia, cosa molto più importante, un vero e proprio condensatore che "collega" il circuito trasmettitore a quello ricevitore. Quanto vale questa capacità? Sicuramente dipende dalle dimensioni delle sfere, dalla distanza, dall'altezza dal suolo, ma in linea di principio il valore non ci interessa perchè, se anche fosse estremamente piccolo, sarebbe sufficiente innalzare la tensione e la frequenza per far sì che la corrente trasferibile tramite l'accoppiamento capacitivo sia sufficiente a far funzionare il carico. Questo è il SISTEMA WIRELESS di TESLA. Wireless nel senso di "senza fili". Perfettamente funzionante e giustificabile con tutte le leggi della fisica oggi universalmente accettate e riconosciute, e non tira in ballo le storie di fantafisica che si leggono in giro per la rete:
• utilizza un meccanismo di conduzione (a differenza della radio di Marconi che sfrutta la propagazione delle onde elettromagnetiche). Proprio questo fatto è alla base della polemica con Hertz (cfr. "The True Wireless") e delle affermazioni sulla teoria della propagazione

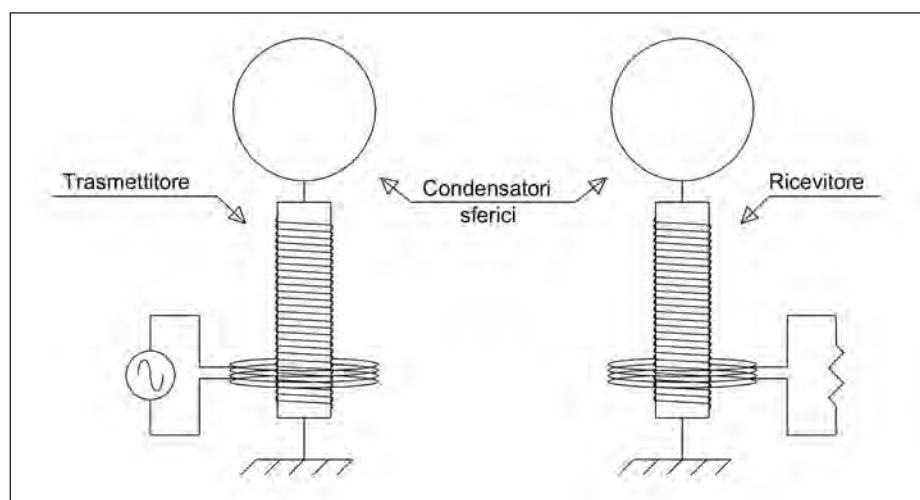



Figura 2: Sistema di trasporto energia – brevetti 645576 e 649621.

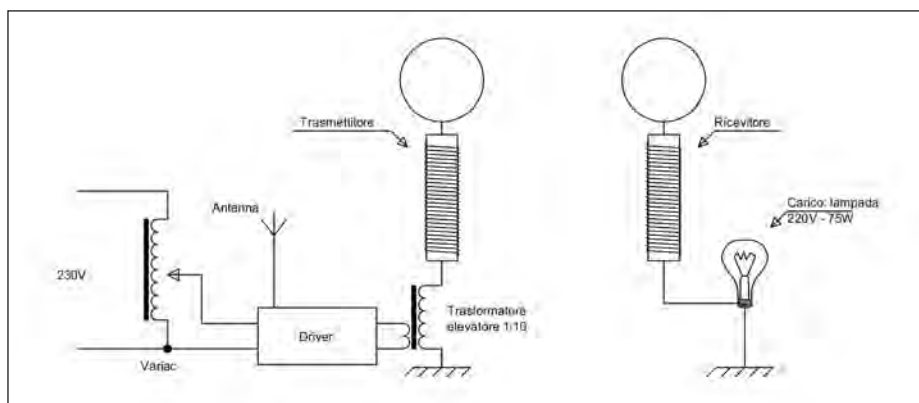



Figura 3: schema di principio dell'apparato sperimentale.

Figura 4: Foto di uno dei primi setup dell'esperimento.

Figura 5: "first lighting" dell'esperimento.

- grazie al meccanismo di conduzione può arrivare a trasferire potenze elevate con rendimenti elevati
- rendimenti elevati ma sempre inferiori all'unità, questo sia chiaro. Da molte parti sul web si legge di presunti "overunity" e di energia che si crea da sola …

Ma è davvero tutto qui? Si e no. In realtà, nei brevetti considerati si legge anche che Tesla suggerisce la possibilità di sfruttare gli strati alti dell'atmosfera (che sono conduttori perchè ionizzati dai raggi solari e dai cosmici) per stabilire un percorso conduttore che aumenti l'accoppiamento fra trasmettitore e ricevitore. Dal punto di vista di Nikola Tesla è "semplice" perchè è sufficiente realizzare tensioni estremamente elevate. Quanto "estremamente"? Non so dirlo. Certo è che la sua torre Wardencliffe era alimentata con diverse centinaia di kW ed aveva dimensioni abbastanza imponenti, e probabilmente produceva tensioni dell'ordine dei MV. Inoltre, nei brevetti si legge che i suoi esperimenti sono stati condotti con bobine avvolte con 50 miglia di filo, pari a 80km, e che tale lunghezza doveva essere pari ad un quarto della lunghezza d'onda e questo ci porta anche un'altra considerazione. Un trasmettitore di Tesla che lavori in questo modo produce nello spazio un'onda stazionaria che ha

- massimo di tensione sull'elettrodo di alta tensione
- massimo di corrente 80km più in là … cioè più o meno nella zona della ionosfera

Pertanto, in linea di principio, il trasmettitore di Tesla (così come suggerito nei brevetti) potrebbe funzionare da adattatore di impedenza fra il generatore e gli strati della ionosfera. A quel punto, la ionosfera diventa un conduttore che copre tutto il pianeta. Tale conduttore (connesso al generatore per mezzo del trasmettitore) è il vero e proprio elettrodotto al quale si possono agganciare liberamente tutti i ricevitori eventualmente disposti in giro per il mondo. Tutto qui! Il sistema di Tesla ha un base scientifica giustificabile ed accettabile. Ma soprattutto è facilmente realizzabile, soprattutto se lasciamo perdere i contributi della ionosfera (argomento estremamente interessante, ma di difficile gestione, se non altro per le dimensioni e i costi che comporta).

L'APPARATO SPERIMENTALE: I RISULTATI

Il modello che ho effettivamente costruito è composto da:

- un trasmettitore composto da una bobina risonante a circa 200kHz caricata da una sfera del diametro di 200mm. La bobina è alimentata da un driver a pll. Il driver è a sua volta alimentato da un variac in modo da regolare la potenza irradiata.
- uno o più ricevitori costituiti da una bobina e da una sfera identiche a quelle usate sul trasmettitore. La bobina alimenta una lampada a incandescenza da 75W a 220V
- per il momento non ci sono regolazioni della frequenza di accordo dei ricevitori: sbagliato, visto che l'uguaglianza delle frequenze di risonanza è uno dei fattori chiave per il corretto funzionamento. Ma almeno in questa fase ho ritenuto di poterli trascurare
- sempre per il momento non c'è alcun metodo per l'adattamento del carico: anche questo non è corretto, ma in questa fase verranno sempre e solo impiegate le lampade a incandescenza.

E il tutto è arrangiato secondo lo schema elettrico della **figura 3**. Nella **figura 4**, l'apparato sperimentale usato per le prime prove

- la bobina al centro è il trasmettitore
- le due bobine ai lati (e in secondo piano) sono i ricevitori
- subito in primo piano si vede il driver a pll e, sopra, lo scatolotto del variac
- la scatola grigia subito dietro il variac contiene il trasformatore di accoppiamento fra driver e bobina trasmettitore
- la scatolina nera (con un pulsante) che si intravede davanti al driver è il pulsante del comando remoto: premendolo si attiva il driver
- il cavo nero che entra nel driver arriva da un'antenna a stilo che viene usata per prelevare il segnale di aggancio del pll

Nella **figura 4** trovate ancora una foto dei primi setup.

- sulla sinistra, vicino al termosifone, c'è l'antenna a stilo
- la scatola grigia fra bobina trasmettitore e driver contiene il trasformatore di accoppiamento
- gli elettrodi sferici sono montati su isolatori in porcellana: è un vezzo puramente estetico

Figura 6: assorbimento del driver durante la prima accensione.

Figura 8: particolare della bobina trasmettitore.

Figura 10: particolare del picchetto di terra, una barra di rame lunga 1 metro, conficcata nel terreno e abbondantemente innaffiata.

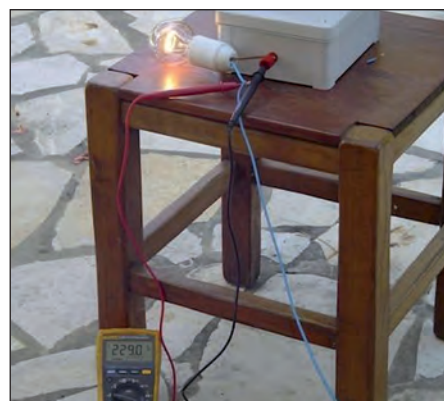



Figura 11: particolare di una delle lampade sui ricevitori.

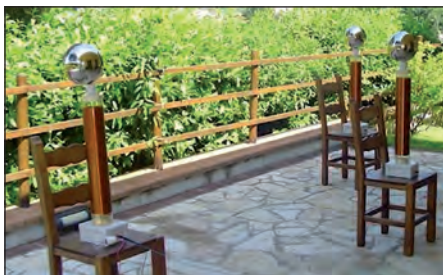



Figura 7: prove all'aperto – il setup dell'esperimento.

Figura 13: Il Tesla Magnifier.

Figura 14: errata rappresentazione del Tesla Magnifier.

Figura 9: particolare di una delle due bobine ricevitore, notare che la lampada è in serie al collegamento di terra.

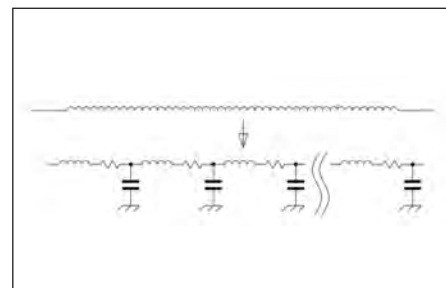



Figura 15: Rappresentazione del Tesla Magnifier a parametri distribuiti.

Figura 12: potenza assorbita dal driver durante le prove all'aperto.

- le bobine sono ancora prive di una base
- alla base della bobina ricevitore di sinistra si vede la lampadina (220V-75W) usata come carico (ce n'è un'altra identica sulla bobina ricevitore di destra)
- la distanza fra la bobine è all'incirca di 1 metro (aumentandola, l'influenza delle pareti si fa troppo evidente e impedisce il corretto accordo delle bobine)

Nella **figura 5** il sistema è in funzione e accende a piena luce le lampade usate come carico. La **figura 6** mostra che il driver, alimentato a 100V, assorbe più o meno 1.8°. Le foto precedenti mostravano il sistema durante le prime prove condotte al chiuso. Con l'arrivo della bella stagione è giunto anche il momento di provare il sistema all'aperto. Pertanto:

- le bobine sono dotate di base di sostegno e sono collocate su una sedia in modo da portarle a una sessantina di centimetri di altezza
- la distanza fra la bobina trasmettitore e ciascun ricevitore è dell'ordine dei due metri e mezzo
- le due bobine ricevitore distano più o meno 5 metri

OK: fuoco alle polveri. La **figura 11** dimostra che la lampada collegata al ricevitore è alimentata a 230V efficaci (il multimetro è un "true RMS" e ho verificato che funziona abbastanza bene anche ai 200kHz di lavoro del sistema). Infine ... la **figura 12** dimostra che il driver assorbe all'incirca 3A a 55V, quindi attorno ai 165W, che, considerando 150W totali recuperati sulle lampade, mi danno un rendimento del 90%! Probabilmente è un valore un po' ottimistico, ma decisamente realistico.

Rispetto al funzionamento dentro casa il rendimento è chiaramente aumentato per vari motivi fra cui mi sento di citare i seguenti:

- le bobine risentono molto meno della vicinanza della pareti, pertanto la frequenza di risonanza di ciascuna bobina è molto più simile e questo consente un migliore accoppiamento
- complice la maggiore altezza da terra è ridotta anche la capacità delle bobine

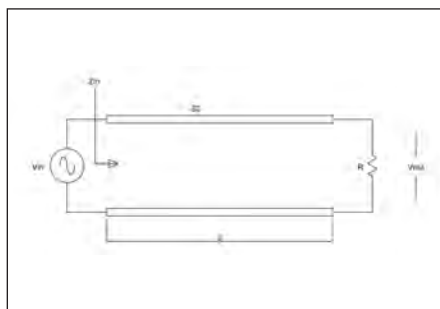
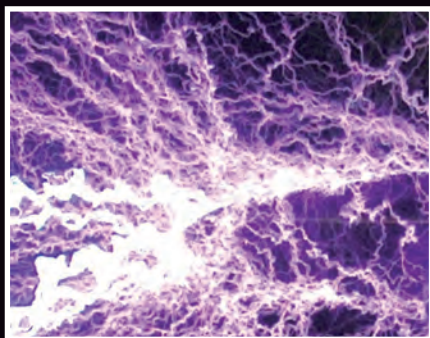



Figura 16: La linea di trasmissione.

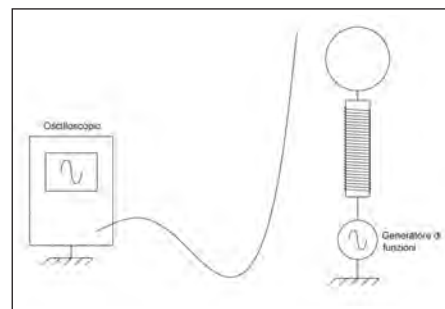



Figura 17: l'esperimento descritto nel testo.

verso massa riducendo nel contempo la quota di energia che viene "buttata" direttamente a terra
Tutto questo dimostra chiaramente il funzionamento del sistema wireless di Tesla! Al crescere della distanza si osserva che l'accoppiamento diminuisce e la potenza trasferita si riduce velocemente. Ho verificato che portando la distanza fra trasmettitore e ricevitore fin verso i 4m ... nel mio modello riesco ad accendere al massimo una lampada da 10W. Inoltre c'è da stare attenti alle scariche a corona, sempre in agguato a causa delle elevate tensioni con cui stiamo lavorando. Il sistema funziona bene e con ottimo rendimento fino a che le scariche a corona sono assenti. Di fatto, potendo regolare la potenza erogata dal driver con continuità si osserva che

- c'è una certa soglia di potenza oltre la quale si innesca la scarica a corona sul trasmettitore
- al di sotto di questa soglia, c'è una diretta proporzionalità fra la potenza erogata dal driver e quella recuperata ai carichi
- oltre questa soglia, un aumento della potenza del driver comporta un aumento della lunghezza delle scariche a corona, ma la potenza recuperata sui carichi rimane pressochè invariata

L'APPARATO SPERIMENTALE: TEORIA DI FUNZIONAMENTO

Prima di pubblicare i dettagli di realizzazione del modello sperimentale, è necessario approfondire la teoria di funzionamento della bobina di Tesla. La trattazione analitica non è complessa, ma piuttosto lunga. Invito gli interessati a consultare il mio sito (www.diegobarone.it). In questa sede mi limito ad una trattazione qualita-

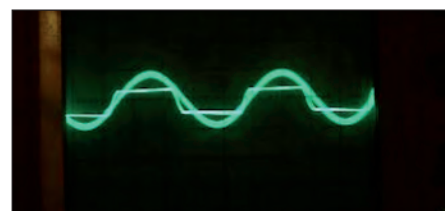



Figura 18: Legame fra tensione di alimentazione e di uscita a frequenza inferiore alla risonanza.

Figura 19: Legame fra tensione di alimentazione e di uscita alla frequenza di risonanza.

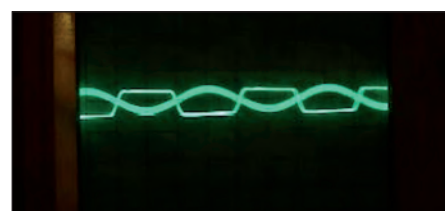



Figura 20: Legame fra tensione di alimentazione e di uscita a frequenza superiore alla risonanza.

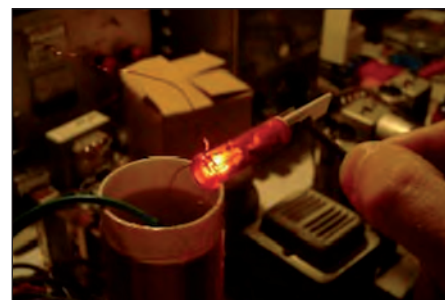



Figura 21: l'elevato campo elettrico irradiato accende una lampada al neon.

tiva e soprattutto intuitiva, senza far uso di equazioni. La Bobina di Tesla è forse lo strumento fisicamente più semplice per ottenere delle tensioni estremamente elevate. In generale è costituita da due avvolgimenti e in molti ritengono che funzioni in maniera analoga ad un trasformatore. In realtà le cose sono piuttosto diverse. Infatti la bobina di Tesla funziona anche se alimentata direttamente dal lato "freddo", senza nessun avvolgimento "primario". Questa configurazione è spesso indicata come "tesla magnifier" e, apparentemente, sembra che corrisponda ad un semplice induttore connesso in serie al generatore come nella **figura 15**. Apparentemente, il circuito è aperto, non circola corrente e la tensione di uscita dovrebbe coincidere con la tensione sul generatore Vin. Invece non è così: si osserva che alimentando la bobina ad una ben precisa frequenza (che da ora in avanti chiamerò "frequenza di risonanza" e indicherò con f0), sul terminale libero si manifesta una tensione molto elevata che dipende sia dalla tensione Vin, sia da parametri fisici della bobina (come rapporto fra diametro e lunghezza, sezione del filo, eventuale spaziatura fra le spire ...). Questo fenomeno è possibile perché la bobina deve essere pensata come un "circuito a parametri distribuiti": un circuito, cioè, composto in realtà da tante "piccole" celle collegati in cascata. Se assumiamo che ciascuna cella sia assimilabile ad una spira:

- le resistenze tengono conto della resistenza del filo per ciascuna spira
- le induttanze tengono conto dell'induttanza di ciascuna spira
- le capacità tengono conto della capacità verso massa
- a rigore andrebbero considerate anche le capacità fra spire adiacenti, con il solo effetto di complicare il disegno, perché ai fini del ragionamento che segue non cambia assolutamente niente.

Con questa rappresentazione, anche se un terminale della bobina viene lasciato libero esistono sempre e comunque dei percorsi chiusi nei quali può circolare corrente. Per studiare come si comporta questo circuito occorre utilizzare la "teoria delle linee di trasmissione". Consideriamo che un segnale elettrico si propaga lungo la linea con una velocità finita (inferiore alla velocità della luce). Supponiamo quindi di prendere una linea di una certa lunghezza, di chiudere un'estremità su una resistenza R e di alimentare l'altra estremità con un generatore di tensione. Lungo la linea si instaurano due flussi di energia:

- un primo flusso (che chiameremo DIRETTO) che parte dal generatore e si propaga lungo la linea verso il carico
- un secondo flusso (che chiameremo RIFLESSO) che, a partire dal carico, tor-

LISTA COMPONENTI

C1	470pF
C2	1u
C3	1u
C4	100n
C5	1u
C6	1u
C7	1u
C8	1u
C9	1u-400V
C10	1u-400V
C11	1u-400V
C12	1u-400V
C13	1u
C14	1u-400V
C15	220u-25V
C16	1u-400V
C17	CA220u-25V
D1	MMSZ12
D2	MMSZ12
D3	1SMA5929
D4	1SMA5929
D5	1SMA5929
D6	1SMA5929
D7	DHG20I600HA
D8	DHG20I600HA
D9	DHG20I600HA
D10	DHG20I600HA
D11	DBS152
Dx	UF4007
F1	10AT (10x38)
L1	100uH
L2	100uH
MFT1	FDH44N50
MFT2	FDH44N50
R1	10k
R2	Potenziometro multigiri 100kohm
R3	NON MONTARE
R4	1ohm
R5	10k
Rx	47ohm
T1	COILCRAFT: SDA250-3L
U1	74HC4046
U2	MAX4420
U3	LM7805
U4	LM7812
VR1	Varistore 350V
VR2	Varistore 35V

Figura 22: Schema elettrico del driver.

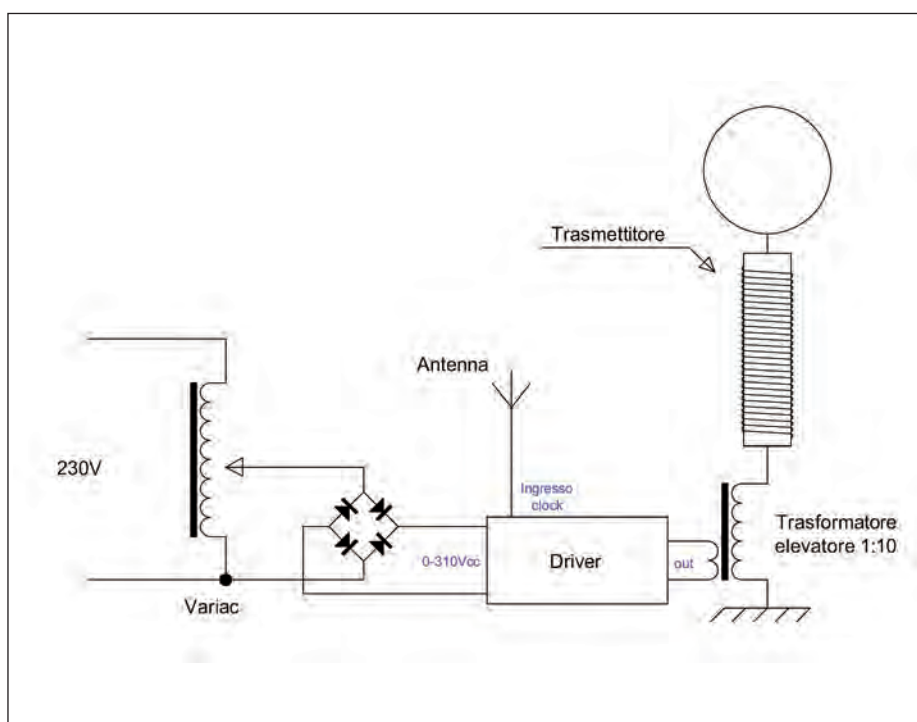



Figura 23: schema di collegamento del driver.

na indietro verso il generatore. Tale flusso di energia è causato dalla discontinuità che il segnale incontra nel passare dalla linea al carico.

Per tener conto di questi due flussi di energia, ci "inventiamo" la tensione diretta V_d e la tensione riflessa V_r. Poichè la tensione diretta V_d si propaga verso il carico, mentre la tensione riflessa si propaga verso il generatore si osserva che, muovendoci dal carico verso il generatore

- V_r è caratterizzata da un ritardo di fase e da un'attenuazione proporzionali alla distanza dal carico
- V_d invece, man mano che ci allontaniamo dal carico, ha ampiezza crescente e subisce un anticipo di fase

In ogni punto della linea, la tensione misurata è data dalla somma fra le due componenti V_r e V_d (poiché l'energia "in gioco" è in definitiva legata alla somma fra i due flussi di energia). Ma poiché V_r e V_d subiscono continue rotazioni di fase, in alcuni punti la somma può avvenire con

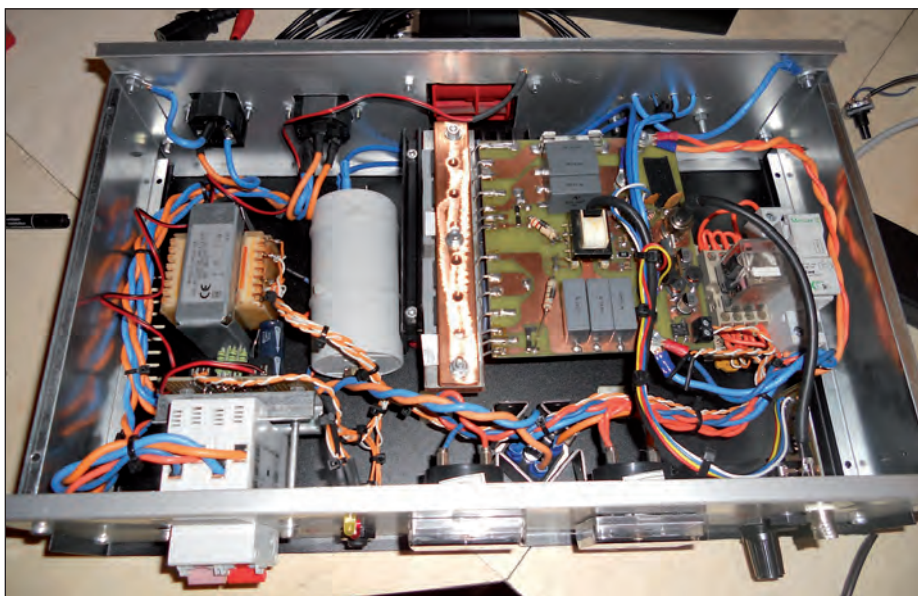



Figura 24: Il driver.

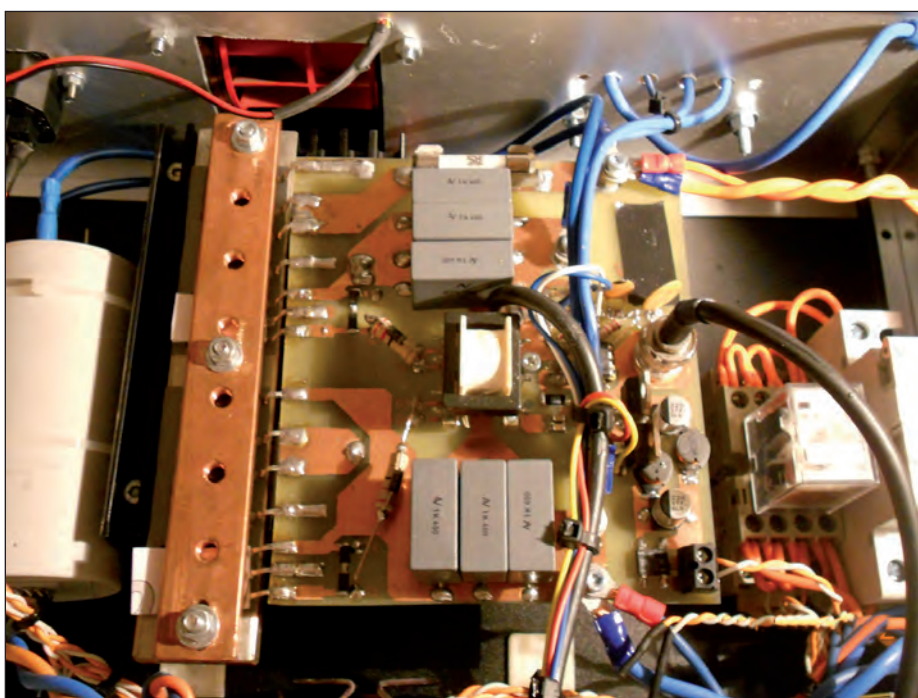



Figura 25: particolare del circuito stampato.

segno concorde, mentre in altri con segno opposto. Come risultato, la tensione lungo la linea è continuamente variabile fra un massimo e un minimo. Data una linea e un carico, i punti di massimo o di minimo si trovano in posizioni fisse. Per questo si dice che la linea è sede di un'onda stazionaria. Così come per le tensioni, si possono definire anche i due flussi di corrente DIRETTA (I_d) e RIFLESSA (I_r) che sono legati ai flussi di tensione tramite l'impedenza caratteristica della linea (Z_0): $V_d = I_d Z_0$ e $V_r = I_r Z_0$ .La corrente in ogni punto della linea è data dalla somma dei due flussi di corrente, tuttavia, laddove i flussi di tensione si sommano, i flussi di corrente si sottraggono. In ogni punto della linea, il rapporto fra la tensione e la corrente fornisce l'impedenza "vista" in quel punto. Tale impedenza è evidentemente diversa dall'impedenza caratteristica e varia da punto a punto. Può as-

Figura 26: Particolare del semiponte e del dissipatore.

Figura 27: le forme d'onda delle tensioni ai gate.

Figura 28: il funzionamento del pll.

sumere valori più grandi o più piccoli di Z_0 e, sotto certe condizioni, può tendere anche all'infinito o a zero. Consideriamo un caso particolare caratterizzato da:

- carico infinito: la linea è lasciata aperta.
- la frequenza di lavoro è tale che la lunghezza della linea è pari ad un quarto della lunghezza d'onda.

In tal caso, non potendo trasferire energia al carico, il flusso di energia riflessa è uguale al flusso di energia diretta. Analogamente, $V_r = V_d$ e $I_r = I_d$ col risultato che sul carico non circola corrente. Ma poiché i flussi di tensione e corrente possono sommarsi o sottrarsi, troveremo, lungo la linea, dei punti in cui la tensione è nulla e la corrente massima e altri punti in cui la tensione è massima e la corrente nulla. Dal rapporto troveremo quindi dei punti in cui l'impedenza è infinita e altri punti in cui l'impedenza è nulla. In più ci saranno tutti i valori intermedi. In particolare, all'ingresso della linea l'impedenza sarà nulla: il generatore lavorerà pressoché in cortocircuito instaurando una corrente molto elevata, di conseguenza le stesse correnti I_d e I_r saranno molto elevate, così come i flussi di tensione V_d e V_r. Pertanto a fine linea (laddove le correnti si sottraggono mentre le tensioni si sommano) la tensione raggiungerà valori molto alti. Infine un cenno alla fase. Per la definizione di lunghezza d'onda, su un tragitto lungo esattamente una lunghezza d'onda il segnale subisce una rotazione di fase di 360°. Di conseguenza, su un tragitto lungo un quarto di lunghezza d'onda, la rotazione sarà di 90°. Questo porta a concludere che la tensione a fine linea dovrà essere sfasata di 90° in ritardo rispetto alla tensione del generatore.

Per verificare la validità di queste affermazioni, ho preso una bobina avvolta su

Figura 29: Il trasformatore di accoppiamento fra driver e bobina.

un tubo di 35mm, con un totale di 1000 spire e l'ho collegata, come in **figura 3** ad un oscillatore ad onda quadra con ampiezza di 10V picco e resistenza di uscita di 50 ohm. Poi ho preso un filo di una trentina di centimetri e ho fatto in modo che passasse vicino al terminale di alta tensione della bobina. Tale filo è poi collegato all'ingresso dell'oscilloscopio. La **figura 18** mostra il legame fra la tensione di alimentazione della bobina (onda quadra) e la tensione presente sul filo usato come antenna ad una frequenza inferiore alla f_0. Si osserva che il segnale di uscita è praticamente in fase con quello all'ingresso. Per le ampiezze ... per l'onda quadra siamo a 20V/div, mentre per la sinusoide di uscita è 1V/div. Aumentando la frequenza di alimentazione si riesce a trovare la frequenza di risonanza f0. Risultato: uscita in ritardo di 90° sull'ingresso e ampiezza molto più grande (20V/div per la sinusoide). Portando la frequenza di alimentazione oltre la risonanza l'uscita è in opposizione di fase rispetto all'ingresso. Con un'ultima foto voglio dare un ultimo spunto di riflessione. Alla frequenza di risonanza, la bobina funziona anche da ottima antenna e irradia un forte campo elettromagnetico. Quanto forte? Non ho gli strumenti per dare dei numeri sensati, tuttavia la foto seguente dimostra come una lampadina al neon si accenda perfettamente senza essere alimentata ... si tenga presente che la bobina è ancora alimentata con un'onda quadra di 10V di ampiezza. Un ultimo dettaglio: la frequenza di risonanza della bobina è soggetta variare al variare della capacità complessivamente vista dalla bobina. Pertanto dovremo aspettarci delle variazioni nei seguenti casi:

- vicinanza della bobina a corpi più o meno conduttori (una parete, una mano, un termosifone)

Figura 30: Il setup per le prove del driver.

- aggiunta o sostituzione di un elettrodo di alta tensione (in forma di punta scaricante, sfera, toroide)
- variazione dell'altezza da terra

L'APPARATO SPERIMENTALE: IL DRIVER

È opportuno realizzare il driver in modo che sia i grado di agganciarsi automaticamente alla freqeunza di risonanza. Così, una volta avviato il sistema potremo spostare la bobina, avvicinare scaricatori, tubi al neon e quant'altro senza doverci preoccupare di regolare continuamente la frequenza di lavoro alla ricerca del massimo rendimento. Per questo useremo un PLL, un sistema in grado di misurare e tenere costante la differenza di fase fra due segnali: la tensione di alimentazione della bobina e il campo irradiato (che sarà sostanzialmente in fase con la tensione sull'elettrodo di alta tensione). Lo schema che propongo è un classico, in giro per google se ne trovano tanti simili. Cuore del circuito è un 74HC4046: completo pll che, così come l'ho configurato, genera un'onda quadra con frequenza

Figura31: L'esperimento descritto nel testo.

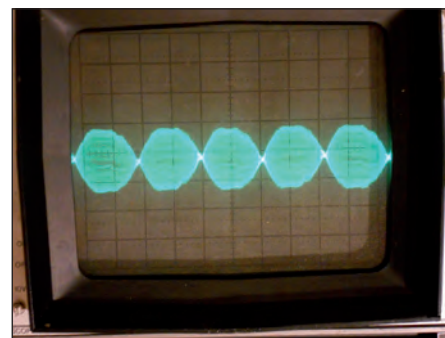



Figura 32: oscillogramma del campo irradiato dalla bobina.

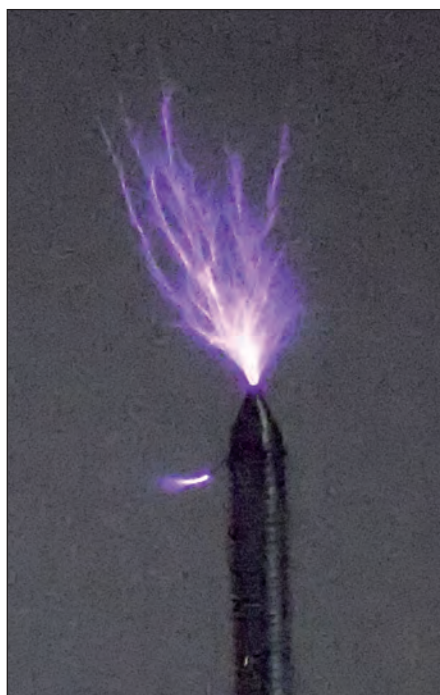



Figura 33: un primo piano delle scariche a corona.

regolabile tramite la R2 (R3 non viene montata) e compresa all'incirca fra 150kHz e 350kHz. In presenza di un segnale all'"ingresso clk" il pll varierà la frequenza imposta con R2 in maniera che il segnale di riferimento e quello prodotto localmente siano sfasati esattamente di 90°. Questo circuito sarà collegato secondo lo schema di **figura 23**. Così facendo, l'antenna fornisce all'"ingresso clk" del driver una copia (opportunamente scalata) dell'alta tensione prodotta dalla bobina, il pll fa in modo che questo riferimento sia sfasato di 90° rispetto alla tensione erogata (e quindi rispetto all'alimentazione della bobina stessa). Risultato: il sistema lavora esattamente alla frequenza di risonanza della bobina. Il driver è alimentato con una tensione massima di 300V continui ottenuti dal raddrizzamento della tensione erogata da un variac. Tramite il variac è quindi possibile regolare la potenza irradiata dalla bobina. Il trasformatore di accoppiamento innalza la tensione erogata dal driver di un fattore 1:10. Durante la messa in funzione, è necessario verificare la corretta fase degli avvolgimenti del trasformatore di accoppiamento. In pratica è sufficiente collegare tutto l'apparato, mantenere la tensione del variac attorno ai 30V e cercare l'aggancio del pll regolando il potenziometro R2. Nel caso il trasformatore sia collegato nel verso giusto, sarà estremamente facile trovare il punto in cui il pll si aggancia: la corrente assorbita subirà un'impennata e compariranno le scariche a corona dalla bobina. Inoltre, piccole rotazioni del potenziometro non produrranno alcuna variazione al funzionamento complessivo e il rumore prodotto dalla scarica sarà una specie di nota continua a 100Hz. Viceversa, nel caso il trasformatore sia collegato nel verso sbagliato, sarà pressoché impossibile ottenere l'aggancio del pll, e le eventuali scariche produrranno un rumore molto simile a pernacchie.

LA COSTRUZIONE DEL DRIVER

Il driver deve essere completamente racchiuso in un contenitore metallico con funzione di schermo elettromagnetico. Infatti il campo irradiato dalla bobina è talmente elevato che, nel caso raggiunga il circuito stampato, può indurre correnti in grado di bloccare il funzionamento o anche di danneggiare alcuni componenti, soprattutto il 4046. La **figura 24** mostra il prototipo del driver. Il "bussolotto" bianco sulla sinistra è un condensatore per il rifasamento dei motori elettrici che ho aggiunto direttamente a valle del ponte raddrizzatore per l'alta tensione. Il piccolo

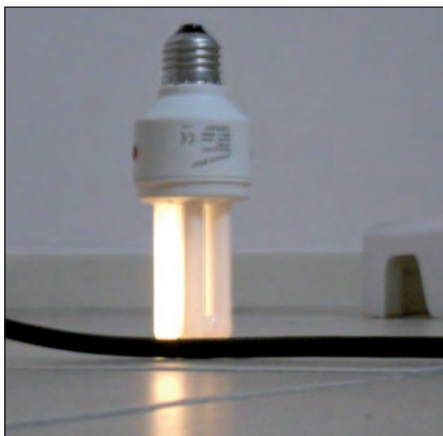



Figura 34: Il forte campo elettromagnetico irradiato dalla bobina accende un tubo al neon.

trasformatore alimenta tutta la logica. Mentre il variac per l'alta tensione è esterno al contenitore del driver. Il ventilatore che si affaccia dal pannelo posteriore serve al raffreddamento dei mosfet e dei diodi del semiponte. In realtà I semiponte scalda poco, per cui il ventilatore a chiocciola è decisamente esagerato e in realtà basta un minimo di circolazione di aria. Nella **figura 26** un particolare della parte di potenza. I mosfet e i diodi del semiponte sono fissati su un dissipatore. Ma anziché mettere una vite per ciascun componente, ho preferico una soluzione tipo "sandwich":

- mosfet e diodi sono appoggiati ad una barra di rame (e ovviamente isolati con un foglietto di isolante termicamente conduttore) a sua volta appoggiata al dissipatore. Fra la barra di rame e il dissipatore è interposto un velo di grasso al silicone.
- sopra i componenti è messa un'altra barra di rame
- il dissipatore e le due barre di rame sono stretti fra loro con tre bulloni M5

Nella **figura 27** l'oscillogramma delle tensioni sui gate dei due mosfet. La sovra oscillazione è dovuta al trasformatore la cui frequenza di oscillazione è dell'ordine del MHz. La **figura 28** dimostra il lavoro del pll. La traccia superiore è la tensione al gate di uno dei mosfet. La traccia inferiore è un'onda quadra a 330kHz prelevata da un generatore di funzioni ed applicata all'ingresso "CLK" del pll. IL risultato è che

- Il pilotaggio dei mosfet avviene esattamente alla frequenza di "riferimento"
- la fase fra la tensione di pilotaggio dei mosfet e l'ingresso di riferimento è esattamente di 90°

Nella **figura 29** il trasformatore di accoppiamento fra l'uscita del driver e la bobina trasmettitore. È realizzato su un nucleo ETD59. L'avvolgimento secondario è composto da 100 spire di filo smaltato da 0.5mm. L'avvolgimento primario è composto da 10 spire realizzate con 5 fili da 1mm avvolti in parallelo allo scopo di aumentare la sezione per contenendo l'effetto pelle. Nella **figura 31**: il risultato di un esperimento. Ho preso un normalissimo cavetto di misura, di quelli con un bnc da una parte e due coccodrillini dall'altra. Ho tenuto i coccodrilli aperti e a distanza di 10 metri dalla bobina accesa. All'oscilloscopio si vede una specie d segnale modulato AM: il driver è alimentato da un'alternata raddrizzata ed appena filtrata, ma non livellata né stabilizzata, per cui tutto il campo irradiato è in realtà modulato a 100Hz. ❑

CODICE MIP 2822119

CAMPAGNA ABBONAMENTI

PROMO tutte 3

RISPARMIO ASSICURATO!
Risparmierai fino a 73,00 EUR sul prezzo di copertina. Garanzia del prezzo bloccato per un anno. Le riviste ti saranno recapitate comodamente a casa. Riceverai un buono sconto del 20% per un tuo prossimo acquisto su **www.ieshop.it**

UNA PROMOZIONE ESCLUSIVA:

- 11 numeri di FARE ELETTRONICA
- 11 numeri di ELEKTOR
- 11 numeri di FIRMWARE (edizione digitale) compreso l'accesso all'archivio a partire dal numero 49 di febbraio 2010
- 1 anno di accesso al CLUB di FARE ELETTRONICA
- 1 anno di accesso al CLUB di FIRMWARE,
- 20% di sconto per un acquisto su www.ieshop.it

TUTTO A SOLI € 119,50 ANZICHE' € 192,50

Sì, mi abbono alla PROMOTUTTE3 (è possibile abbonarsi online www.ieshop.it/promotutte3)

Riceverò 11 numeri di Fare Elettronica e 11 di Elektor in edizione cartacea, potrò accedere all'archivio di Firmware in edizione digitale a partire dal numero 49 di febbraio 2010 e ai prossimi 11 numeri, compreso un anno di accesso al CLUB di Fare elettronica e Firmware, tutto a **soli € 119,50** anziché € 192,50

METODI DI PAGAMENTO

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **ALLEGO ASSEGNO** (Intestato a Inware Edizioni)

☐ MasterCard ☐ VISA ☐ postepay

PayPal fare il pagamento su paypal@inwaredizioni.it

TITOLARE...
NUMERO...
DATA DI SCADENZA.......................... CODICE DI SICUREZZA..............

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Giotto 7 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome .... Cognome ....
Indirizzo .... n° .... Cap .... Città .... Prov ....
Tel .... Fax .... Email ....
Ragione Sociale .... Codice fiscale .... Partita IVA ....
DATA .... FIRMA .... ☐ Fattura

1

PERCHÉ SCEGLIERE FARE ELETTRONICA:

LAVORO: Se lavori come progettista elettronico, Fare Elettronica saprà esserti utilissima con numerose idee e spunti sia dal punto di vista pratico che teorico. DIDATTICA: se lavori come insegnante in una scuola ad indirizzo tecnico, Fare Elettronica risulterà tra le migliori fonti di ispirazione per te e per i tuoi allievi. AGGIORNAMENTO TECNOLOGICO: se sei alla ricerca di una fonte d'ispirazione, Fare Elettronica non ti deluderà, fornendoti l'aggiornamento sulle più recenti tecnologie, trattate in modo esauriente e competente. HOBBY: se invece l'elettronica è la tua passione, Fare Elettronica ti permetterà di coltivarla giorno per giorno con progetti sempre appassionanti ed alla tua portata.

2

PERCHÉ SCEGLIERE FIRMWARE:

Firmware è una fantastica rivista digitale, tra le prime uscite nel settore dell'elettronica e la prima in assoluto in lingua italiana. Nasce come naturale evoluzione della rivista Firmware in edizione cartacea, rivista dedicata ai professionisti dell'elettronica, esigenti e competenti bisognosi di uno strumento di aggiornamento e di know how per l'elettronica professionale. Firmware è basata su una piattaforma che saprà regalarti una nuova esperienza di accesso a incredibili contenuti. Nessuna rivista ti sembrerà più all'altezza dopo aver visto Firmware!

3

PERCHÉ SCEGLIERE ELEKTOR:

Elektor è in circolazione in oltre 50 Paesi con un totale di 300,000 copie mensili. Pubblicato in Inghilterra, Francia, Paesi Bassi, Spagna, Grecia, Portogallo, Brasile, Svezia, Finlandia, Germania, Italia, Stati Uniti. La rivista Elektor è distribuita a livello mondiale tramite abbonamento, edicole e librerie. I siti internet sono tradotti in Inglese, Tedesco, Francese, Italiano, Cinese, Portoghese, Brasiliano, Svedese e Greco. 2 milioni di lettori mensili. 140.000 visitatori web mensili. 43.000 abbonati a e-weekly, la newsletter digitale. Elektor propone progetti di elevata qualità ideali per l'autocostruzione nei campi dei microcontrollori, audio high-end, RC modelling, RF e test & measurement. Elektor è creata da veri appassionati di elettronica. Elektor è l'unica rivista internazionale indipendente a vantare un laboratorio di progettazione e PCB design interno.

PERCHÉ SCEGLIERE TUTTE E TRE LE RIVISTE

Perché solo Inware Edizioni può darti una offerta così completa a condizioni così convenienti con un mix di aggiornamento, conoscenza, stimolo, divertimento e professionalità! Approfitta della fantastica PROMOTUTTE3 non te ne pentirai

di NICOLA TARASCHI

Controllare i microcontrollori

Un esempio di sistema di interfacciamento tra microcontrollore e PC utilizzando il linguaggio Delphi.

Il microcontrollore è una realtà oramai pienamente affermata in campo industriale ed accessibile anche ad un pubblico più ampio di appassionati per le applicazioni più varie. I moduli e l'interfaccia hardware necessaria sono accessibili a condizioni sempre più economiche. A differenza delle applicazioni in ambiente Windows le applicazioni dei microcontrollori non prevedono, di base, una interfaccia utente.Il programma installato sul micro interagisce con l'hardware del processo e la sua correttezza è legata alla correttezza delle azioni che fisicamente deve svolgere. Quindi, per fare un esempio banale, il controllo di una pompa tramite un sensore di livello viene verificato se l'attivazione e disattivazione della pompa avvengono in base alle posizioni impostate del livello. Ai microcontrollori sono comunque in genere abbinati programmi di monitor che consentono la visualizzazione delle variabili del processo e quindi la verifica del programma. Altri microcontrollori prevedono una STUDYBOARD, una piattaforma hardware che implementa la simulazione degli ingressi e delle uscite del micro attraverso led, pulsanti e potenziometri. Tutti questi strumenti consentono la messa a punto dell'applicazione prima ancora che essa sia attiva nell'applicazione reale. L'applicazione del micro acquista comunque uno spessore diverso se ad essa è abbinata una applicazione Windows. L'ambiente Windows consente la memorizzazione dei dati acquisiti, la loro elaborazione in formato grafico,l'interazione con il micro attraverso pulsanti o finestre. Labview è un esempio di controllo dell'hardware in un ambiente software interattivo e professionale. L'interfaccia utente può essere ottenuta tramite la comunicazione con la porta seriale. che è quanto ci apprestiamo ad illustrare.Per farlo utilizziamo il linguaggio DELPHI sul PC e come microcontrollore il CUBLOC CB280 della COMFILE.

LISTATO 1 La parte principale del programma su CUBLOC

```
…..
…..
Opencom 0,9600,18,80,80
Bclr 0,2
On Recv0 Gosub ricevo
Count1=0
Set Debug Off
DO
If Count1= lungh Then
esamina
Count1=0
End If
If PROGRAMMA=1 Then
temp=lm35(0)
setpoint=aVARIABILE(1)
bp=VARIABILE(2)
If temp>setpoint+bp/2 Then
Out 5,0
If temp<setpoint-bp/2 Then
Out 5,1
If  temp<setpoint  Then
VARIABILE(3)=10*(setpoint-
temp)
If  temp>setpoint  Then
VARIABILE(3)=10*(temp-set-
point)
VARIABILE(4)=setpoint+bp/2
End If
If PROGRAMMA=2 Then
temp=lm35(0)
setpoint=VARIABILE(1)
bp=VARIABILE(2)
If temp<setpoint+bp/2 Then
Out 5,0
If temp>setpoint-bp/2 Then
Out 5,1
If  temp<setpoint  Then
VARIABILE(3)=10*(setpoint-
temp)
If  temp>setpoint  Then
VARIABILE(3)=10*(temp-set-
point)
VARIABILE(4)=setpoint+bp/2
End If
LOOP
ricevo:
If Blen(0,0)>0 Then
a=Get(0,1)
Count1=Count1+1
vett(Count1)=a
End If
Return
```

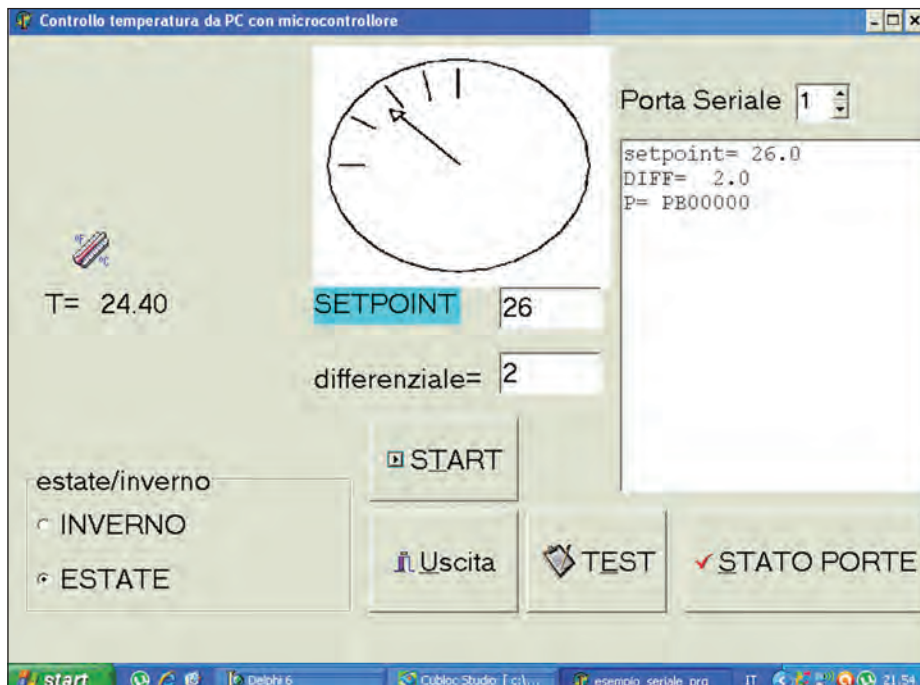



Figura 1:la videata sul PC

IL SOFTWARE SUL CUBLOC

Il "colloquio" bidirezionale(lettura e scrittura di dati) fra PC e CUBLOC viene realizzato con la porta seriale attraverso la quale interagiscono 2 programmi: uno residente sul CUBLOC e l'altro sul PC in DELPHI. Il programma implementato sul micro può essere definito più come firmware che come software. Esso infatti consiste in routines contenute nel generico programma applicativo, che gestiscono la comunicazione con il PC. Nel **listato 1** del programma sul CUBLOC viene settato un INTERRUPT di ricezione di bytes dalla porta seriale:ON RECV0 GOSUB RICEVO. Durante l'esecuzione del ciclo infinito DO ...LOOP del programma, appena è disponibile un byte sulla porta seriale in ingresso il software salta alla subroutine RICEVO che lo memorizza nel vettore VETT con indice =COUNT1. La variabile COUNT1, che ha il significato di contatore, viene incrementata ad ogni ricezione. Quando sono stati ricevuti 7 byte la stringa così formata viene esaminata dalla routine ESAMINA e resettato il contatore COUNT1. La routine ESAMINA esegue il comando associato alla stringa e risponde con analoga stringa di 7 caratteri che contiene,se vi è una

LISTATO 2 Esame del comando D=scrittura dato digitale

```
'D=scrittura digitale
If vett(1)=68 Then
porta=vett(3)
porta=porta-65
modo=vett(4)
If modo=72 Then Out por-
ta,1
If modo=76 Then Out por-
ta,0
st="D0"+Chr(vett(3))
If modo=72 Then st1="H000"
If modo=76 Then st1="L000"
st=st+st1
seriale
End If
```

richiesta di lettura, i dati richiesti. Il primo carattere della stringa è significativo del comando associato. I comandi sono:

- R=lettura delle porte digitali
- A=lettura delle porte analogiche
- D=scrittura sulle porte digitali
- B=scrittura sulle porte analogiche
- V=lettura di variabili
- W=scrittura di variabili

LISTATO 3 Esame del comando A=lettura analogica

```
'lettura analogica
If vett(1)=65 Then
canale=vett(3)-65
porta=24+canale
Input porta
nadc=Adin(canale)
nadc=nadc+1023
st1=Dec nadc
st="A0"+Chr(vett(3))
st=st+st1
seriale
End If
```

LISTATO 4 il programma su DELPHI

```
begin
inizia_porta_seriale;
vedo_temperatura;
setta_setpoint;
setta_differenziale;
invia_programma(program-
ma);
fine_seriale;
end;
```

- P=programma da eseguire
- T= lettura sonda LM35 dal canale specificato

La lettura di una porta digitale avviene quando il primo carattere della stringa =R (codice ascii 82).Il secondo carattere è lasciato libero.Il terzo carattere è il numero della porta A= porta 0 B=porta 1 e così via. Decodificata la porta ne avviene la lettura e la variabile nadc sarà in questo caso 0(LOW) oppure 1(HIGH). I primi tre caratteri della stringa di risposta sono uguali a quelli ricevuti mentre gli ultimi quattro contengono il dato richiesto. Per avere sempre lo stesso numero di caratteri viene sommato 1023 al dato digitale che quindi varrà 1023 o 1024. Routines simili valgono per le operazioni di lettura/scrittura

LISTATO **5** le routines di comunicazione

```
n=lettura_analogica(0) legge dal canale analogico=0(P24)
n sarà tra 0 e 1023

function lettura_digitale(porta:word):word;
ex
n=lettura_digitale(18) legge dalla porta P18  n sarà  0 o
1

procedure scrittura_analogica(porta,numero:wordl)
ex
scrittura_analogica(0,512)   scrive  sul  canale  0=P5  il
numero=512 (corrispondente ad una tensione di 2,5 V)

procedure scrittura_digitale(porta,modo:word);
ex
scrittura_digitale(7,1)   scrive  sulla  porta  P7  il  nu-
mero=1=HIGH

procedure SETTA_VARIABILE(ordine:word;Numero:REAL);
ex
setta la variabile del CUBLOC  VARIABILE[ordine]=numero

procedure  lettura_variabile(ordine:word;var  numero:re-
al);
ex
legge  la variabile del CUBLOC  VARIABILE[ordine]
numero sarà quindi uguale al valore di questa variabile
```

Figura 2:stato delle porte

delle porte(**listato 2** e **listato 3**). Questo “firmware” prevede inoltre la definizione di una variabile vettoriale a 10 elementi: Dim VARIABILE(10) As single a cui sono associati i comandi V e W. La stringa V100000 (lettura) inviata al CUBLOC richiede il valore della variabile =VARIABILE(1) (il secondo carattere rappresenta l’indice della variabile vettoriale). In risposta viene ricevuta una stringa in cui i caratteri dal 3° al 7° rappresentano il valore della variabile. La stringa W212345 8scrittura) setta VARIABILE(2) del CUBLOC al valore=1234.5. Con il comando P100000 la variabile del CUBLOC PROGRAMMA viene settata ad 1(il valore del 2° carattere) e,all’interno del ciclo DO..LOOP viene eseguito il programma relativo(un controllo ON-OFF di temperatura).A seconda della variabile PROGRAMMA il software del CUBLOC esegue infatti il programma associato che sarà configurato in base all’applicazione dall’utente. In questo caso specifico il programma 1 è un controllo di temperatura di tipo invernale(all’aumentare della temperatura la ipotetica caldaia si spegne) mentre il programma 2 è lo stesso controllo ma estivo(all’aumentare della temperatura l’ipotetico condizionatore si attiva).La porta 5 è associata all’azionamento che viene attivato/disattivato. Il programma riportato nell’esempio associa inoltre la temperatura letta a VARIABILE(1), il setpoint di temperatura a VARIABILE(2) e il differenziale di temperatura a VARIABILE(3).In conseguenza dei valori impostati e di quelli letti viene fatta la regolazione. Il CUBLOC riceve i dati relativi al SETPOINT ed al DIFFERENZIALE di temperatura e trasmette il valore di temperatura.

IL SOFTWARE SUL PC CON DELPHI

L’interfaccia utente dell’applicazione viene raffigurata nella **figura 1**. Sottolineiamo fin d’ora che il colloquio PC-Micro prescinde dal tipo di micro con cui dialogare purchè su di esso sia installato un firmware che rispetti le regole di comunicazione secondo quanto detto prima.Viene riportata sulla **figura 1** la videata del programma sul PC, che da la possibilità di selezionare la porta seriale ed il programma (inverno/estate) ed impostare SETPOINT e DIFFERENZIALE che vengono trasmessi al CUBLOC..La comunicazione seriale deve essere impostata secondo i parametri:
9600 baud, 7 bits,parity=EVEN, 1 STOP BIT
La parte principale del programma che gestisce l’applicazione opera secondo questo flusso di comandi, di cui si riporta il listato (**listato 5**).

LISTATO 6 esempio di richiamo delle routines di comunicazione

```
procedure prova_tutto;
var
i,n,a:word;
ST,sn:STRINGA;
temp:real;
begin

inizia_seriale('COM1');
   xcom.Paused:=true;

mainform.RICHEDIT1.LINES.c
lear;
for i:=0 to 4 do begin
a:=lettura_analogica(i);
str(a:4,st);str(i:1,sn);
mainform.RICHEDIT1.LINES.a
dd('porta analogica='+sn+'
valore='+st);
 end;
for i:=0 to 0 do begin
a:=lettura_digitale(i);
str(a:4,st);str(i:1,sn);

mainform.RICHEDIT1.LINES.a
dd('porta digitale='+sn+'
valore='+st);
     end;
scrittura_digitale(5,1);
scrittura_analogica(6,512);

fine_seriale;
         end;
```

- inizializza la porta seriale definita
- chiama la routine di lettura della temperatura e la visualizza
- trasmette al micro i valori impostati di SETPOINT e di DIFFERENZIALE
- trasmette al micro la variabile PROGRAMMA=1

Queste azioni (**listato 3**) vengono eseguite ad intervalli di tempo prefissati secondo un timer, in questo caso settato a 2 secondi. Nello spazio sulla destra della **figura 1** sono anche riportate, a puro titolo di maggiore informazione, le stringhe scambiate fra PC e Micro. Selezionando STATO PORTE si accede alla videata della **figura 2** che permette la lettura scrittura delle porte del CUBLOC. Il CUBLOC CB280 ha 49 porte denominate da P0 a P48 che possono essere, in genere di ingresso e di uscita(la porta P1 può essere solo di INPUT). Tutte le porte possono essere digitali mentre le porte da P24 a P31 sono di INPUT analogiche a 10 bit(canale da 0 a 7) e le porte 5,6,7 19,20,21 sono PWM e quindi analogiche di scrittura a 10 bit(canale da 0 a 5).È possibile quindi:

- prima colonna:configurare le porte in lettura od in scrittura:le porte configurate in scrittura saranno escluse dalla lettura.
- seconda colonna: le porte configurate in scrittura vengono settate a 0 se non selezionate od 1 se selezionate.
- la terza colonna riporta il valore delle letture analogiche (A0=P24 e così via).
- la quarta colonna riporta le lettura delle porte digitali(quelle che non siano state configurate come scrittura digitale od analogica ed escludendo quelle di lettura analogica)
- la quinta colonna consente di scrivere sulle porte analogiche il dato a 10 bit: 0=0Volt 1023=5 VOLT.

LA PERSONALIZZAZIONE CON DELPHI

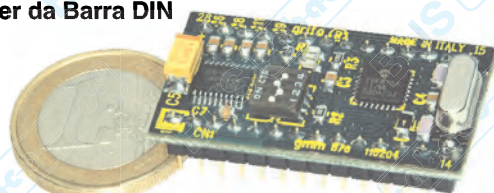
È possibile configurare in base alle proprie esigenze il software richiamando le routines della UNIT COMUNICAZIONE_SERIALE,(**listato 5**) contenuta nel software allegato e che elenchiamo:

```
FUNCTION inizia_seriale(portaseriale :stringa):BOOLEAN;
PROCEDURE FINE_SERIALE

function lettura_analogica
(porta:word):word;
ex
```

Il blocco di codice riportato,(**listato 6**) da infine un esempio di richiamo di alcune delle routines In tal modo è possibile crearsi programmi personalizzati.

CONCLUSIONI E SVILUPPI

La comunicazione seriale non è limitata,come abbiamo detto, solo al CUBLOC, ma può essere estesa ad altri microcontrollori come ad esempio ARDUINO.Si tratta solo di riscrivere il “firmware” del micro secondo le stesse regole. D’altro canto DELPHI non è il solo linguaggio che può dialogare con i microcontrollori e questo può essere fatto anche con altri linguaggi, come ad esempio VISUAL BASIC. Vedremo in un prossimo articolo estensioni della comunicazione seriale con ARDUINO. ❑

CODICE MIP 2822123

di GIOVANNI DI MARIA

Corso mikroBasic (parte quarta)

Gestione display grafici

In questa puntata del corso avanzato sulla programmazione dei microcontrollori, studieremo al meglio i display LCD grafici. Trucchi e suggerimenti per controllare nel migliore dei modi questi insostituibili dispositivi di uscita.

Un display LCD può essere utile in tante occasioni. Con la sua particolarità di indirizzare e visualizzare ogni singolo pixel nella posizione desiderata, esso può essere utilizzato per disegnare forme geometriche, testi, disegni e persino fotografie. Scopriamo assieme le regole base per utilizzare al meglio i display grafici, con l'ausilio dei microcontrollori PIC.

I DISPLAY GRAFICI

I display grafici differiscono molto dai loro fratelli minori di tipo testuale. Questi ultimi sono infatti capaci di visualizzare, in una piccola area, solamente caratteri appartenenti al codice ASCII. Al contrario, gli LCD grafici posseggono un'area molto vasta, indirizzabile direttamente dal programmatore, nel quale può essere acceso o spento un singolo pixel, ossia il più piccolo punto che forma un'immagine.
Essi si comportano, in generale, come un piccolo schermo del PC, nel quale ogni puntino è localizzato in una specifica riga e colonna. Indirizzare e comandare dei pixel, tramite linguaggio Assembler, potrebbe risultare alquanto difficoltoso ma, grazie al mikroBasic, l'operazione è resa molto agevole e semplice.

Figura 1: Un display grafico LCD

TIPOLOGIE

Il mercato mette a disposizione un'infinità di modelli. Praticamente è possibile soddisfare qualsiasi esigenza, in termini di spazio, di alimentazione elettrica e di costi. In ogni caso, le caratteristiche principali di un display grafico LCD sono le seguenti:

- Area di visualizzazione. Essa è misurata in pixel, determina il numero massimo di punti indirizzabili, distribuiti in righe e colonne. Alcuni modelli, molto utilizzati, dispongono di 128x64 pixel oppure di 160x28 pixel oppure ancora di 256x128 pixel;
- Presenza di retroilluminazione. E' una caratteristica molto utile che permette di utilizzare il display anche in ambienti con assenza di illuminazione ambientale. E' una particolarità che incrementa di poco l'assorbimento di corrente;
- Colore dei pixel illuminati. Può essere nero, bianco o altri colori;
- Controller grafico utilizzato. I modelli standard prevedono i controller grafici della Samsung (KS0108B) e della Toshiba (T6963C);
- Alimentazione elettrica. Normalmente essa può essere di 5 Vdc o, per gli ultimi modelli prodotti, di 3.3 Vdc.

MIKROBASIC E DISPLAY GRAFICO

Allo stato attuale, il mikroBasic PRO (versione 5.01) mette a disposizione del programmatore tante librerie per gestire i display grafici. Per di più, esse possono gestire diverse tipologie di controller gra-

Figura 2: Collegamento di un display grafico basato su controllore TOSHIBA T6963C via SPI

fici. Al momento, il mikroBasic può prevedere i seguenti dispositivi grafici:

- Display grafici basati su controllore TOSHIBA T6963C con interfaccia SPI; Display grafici basati su controllore TOSHIBA T6963C, con collegamento diretto;
- Display grafici basati su controllore Epson S1D13700;
- Display grafici basati su controllore Samsung KS108/KS107;
- Display grafici basati su controllore Samsung KS108/KS107, con interfaccia SPI.

Nel nostro corso utilizzeremo il controllore Samsung KS108/KS107 con collegamento diretto al PIC, in quanto esso è molto utilizzato, di facile reperimento e relativamente economico.

LE FUNZIONI E LE PROCEDURE DI MIKROBASIC

Come detto in precedenza, utilizzeremo un display grafico compatibile con il controllore Samsung KS108/KS107. Esso non ha alcuna interfaccia da collegare e può essere direttamente connesso al PIC.
La sintassi delle funzioni e delle procedure è molto semplice ed esse non dipendono dall'hardware utilizzato.
Nei successivi esempi utilizzeremo una connessione diretta nella quale il bus dei dati del display è collegato interamente alla PORT-D mentre i segnali di controllo (RS-E-RW, RST, CS1 e CS2) sono connessi alla PORT-B. Naturalmente è possibile modificare tale impostazione, poiché sia il software che l'hardware permette una grande libertà di scelta.

La configurazione dei pin

La prima operazione da effettuare è quella di informare il mikroBasic dei collegamenti che intercorrono tra microcontrollore e display grafico. Questa operazione si effettua attraverso la dichiarazione di alcune variabili globali, che si occupano proprio di contenere la direzione dei segnali nonché il loro significato.
Le variabili globali da configurare all'inizio del programma sono le seguenti:

```
GLCD_CS1 : Chip select 1
signal pin
```

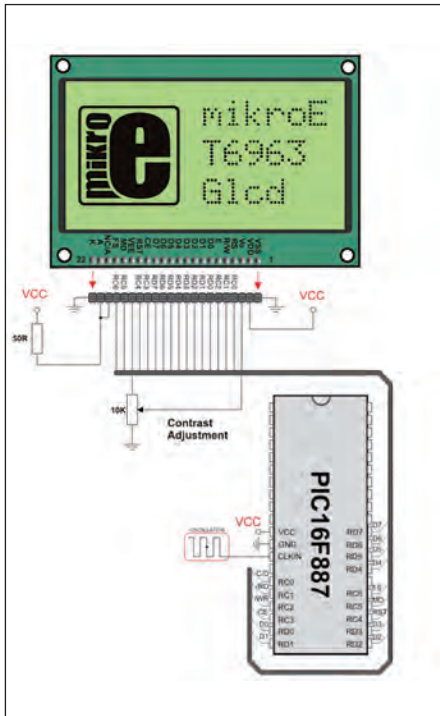



Figura 3: Collegamento di un display grafico basato su controllore TOSHIBA T6963C con collegamento diretto

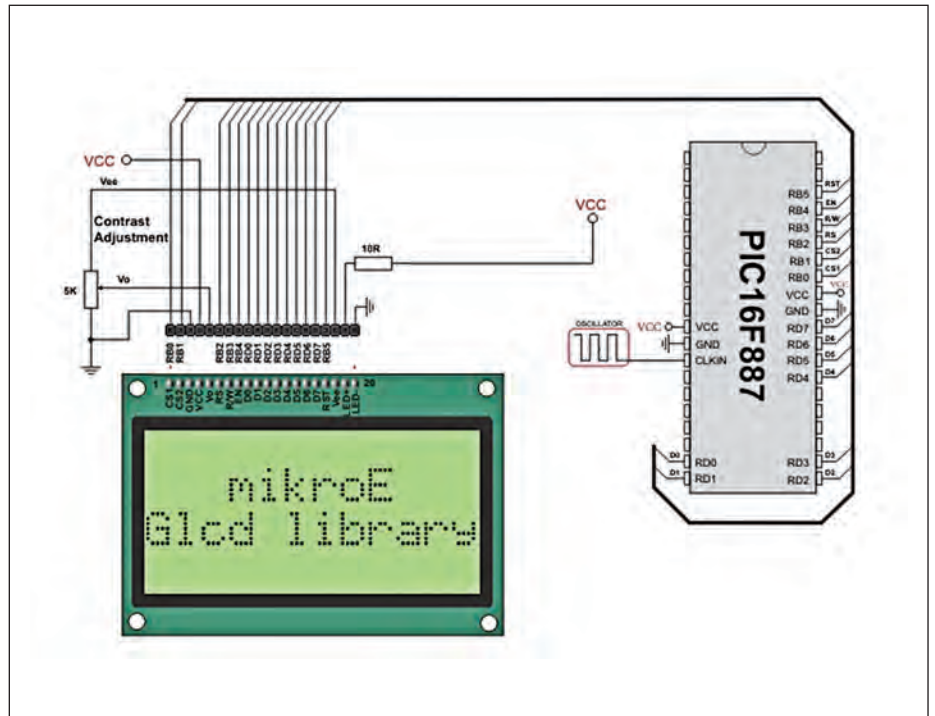



Figura 4: Collegamento di un display grafico basato su controllore Samsung KS108/KS107 con collegamento diretto

```
GLCD_CS2 : Chip select 2
signal pin
GLCD_RS : Register select
signal pin
GLCD_RW : Read/Write Signal
pin
GLCD_EN : Enable signal pin
GLCD_RST : Reset signal pin
GLCD_DataPort : Data port

GLCD_CS1_Direction :
Direction of the Chip select
1 pin
GLCD_CS2_Direction :
Direction of the Chip select
2 pin
GLCD_RS_Direction :
Direction of the Register
select signal pin
GLCD_RW_Direction :
Direction of the Read/Write
signal pin
GLCD_EN_Direction :
Direction of the Enable
signal pin
GLCD_RST_Direction :
Direction of the Reset
signal pin
```

Un esempio di codice, che tra l'altro configura correttamente il collegamento dello schema elettrico da noi utilizzato, potrebbe essere il seguente:

```
rem Glcd module connections
dim GLCD_DataPort as byte at
PORTD
dim GLCD_CS1 as sbit at
RB0_bit
dim GLCD_CS2 as sbit at
RB1_bit
dim GLCD_RS  as sbit at
RB2_bit
dim GLCD_RW  as sbit at
RB3_bit
dim GLCD_EN  as sbit at
RB4_bit
dim GLCD_RST as sbit at
RB5_bit
dim GLCD_CS1_Direction as
sbit at TRISB0_bit
dim GLCD_CS2_Direction as
sbit at TRISB1_bit
dim GLCD_RS_Direction  as
sbit at TRISB2_bit
dim GLCD_RW_Direction  as
sbit at TRISB3_bit
dim GLCD_EN_Direction  as
sbit at TRISB4_bit
dim GLCD_RST_Direction as
sbit at TRISB5_bit
rem End Glcd module
connections
```

LE FUNZIONI E LE PROCEDURE

Di seguito elenchiamo le funzioni principali, ossia quelle che normalmente il programmatore utilizza maggiormente, dandone anche brevemente la descrizione del funzionamento. Per un elenco completo consultare la guida in linea del mikroBasic.

Glcd_Init

Inizializza il display grafico. Non possiede parametri da passare. Deve essere sempre invocata prima di utilizzare qualunque altra funzione grafica.

Sintassi: `Glcd_Init()`

Glcd_Fill

Riempie lo schermo con un pattern specificato come parametro. Per cancellare lo schermo occorre utilizzare la funzione Glcd_Fill(0). Per riempirlo (tutti i pixel ac-

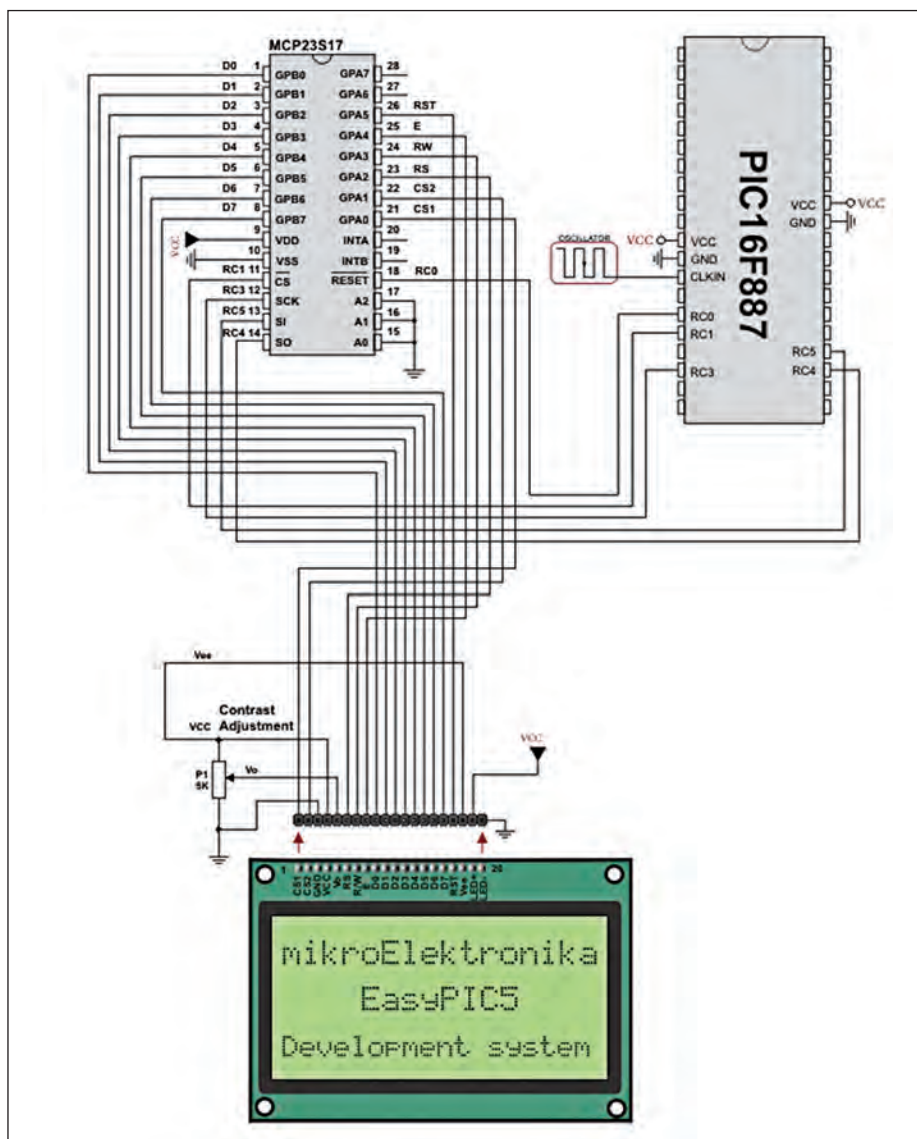



Figura 5: Collegamento di un display grafico basato su controllore Samsung KS108/KS107 via SPI

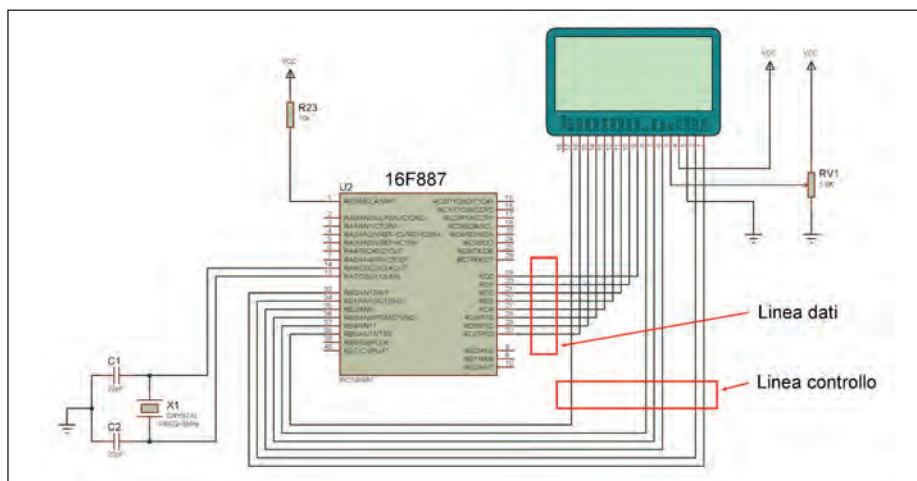



Figura 6: Schema elettrico di base utilizzato per le nostre prove

cesi) invocare la funzione Glcd_Fill(0xFF) oppure Glcd_Fill(255). Come si nota il pattern di cancellazione è disposto verticalmente. La funzione cancella la parte di sinistra e poi la parte di destra del display, anche se tale operazione non si nota in quanto molto veloce.

Sintassi: `Glcd_Fill(pattern as byte)`

Glcd_Dot

Questa procedura disegna semplicemente un punto (pixel) alle coordinate specificate.

Sintassi: `Glcd_Dot(x_pos as byte, y_pos as byte, color as byte)`

Il primo parametro (x_pos) determina la coordinata "x" del display e può essere compreso tra 0 e il valore massimo della coordinata di colonna (solitamente 127).
Il secondo parametro (y_pos) determina la coordinata "y" del display e può essere compreso tra 0 e il valore massimo della coordinata di riga (solitamente 63).
Il terzo parametro (color) determina la tipologia del disegno: 0: cancella il punto, 1: traccia un punto, 2: inverte lo stato del punto.

Glcd_Line

La procedura traccia una linea alle coordinate specificate. Occorre fornire la coordinata di inizio (x1, y1) e la coordinata di fine (x2, y2). Il quinto parametro (color) determina la tipologia del disegno: 0: cancella la linea, 1: traccia la linea, 2: inverte lo stato della linea.

Sintassi: `Glcd_Line(x_start as integer, y_start as integer, x_end as integer, y_end as integer, color as byte)`

Glcd_V_Line

Questa procedura disegna una riga verticale sul display. Essa è nettamente più veloce rispetto alla funzione Glcd_Line, in quanto non calcola l'interpolazione dei

Pin del Pic		Pin del display	
RB0	↔	CS1	Controllo
RB1	↔	CS2	
RB2	↔	RS	
RB3	↔	R/W	
RB4	↔	E	
RB5	↔	RST	
RD0	↔	DB0	Dati
RD1	↔	DB1	
RD2	↔	DB2	
RD3	↔	DB3	
RD4	↔	DB4	
RD5	↔	DB5	
RD6	↔	DB6	
RD7	↔	DB7	

Figura 7: Le connessioni tra il PIC e il display grafico

punti. Al solito, il parametro color determina la tipologia del disegno: 0: cancella la linea, 1: traccia la linea, 2: inverte lo stato della linea.

Sintassi: `Glcd_V_Line(y_start as byte, y_end as byte, x_pos as byte, color as byte)`

Glcd_H_Line

Questa procedura disegna una riga orizzontale sul display. Essa è nettamente più veloce rispetto alla funzione Glcd_Line, in quanto non calcola l'interpolazione dei punti. Al solito, il parametro color determina la tipologia del disegno: 0: cancella la linea, 1: traccia la linea, 2: inverte lo stato della linea.

Sintassi: `Glcd_H_Line(x_start as byte, x_end as byte, y_pos as byte, dim color as byte)`

Glcd_Rectangle

Disegna un rettangolo sul display LCD. Occorre fornire ad essa l'angolo superiore sinistro (x1, y1) e l'angolo opposto inferiore destro (x2, y2). Il parametro color determina la tipologia del disegno: 0: cancella il rettangolo, 1: traccia il rettangolo, 2: inverte lo stato il rettangolo.

Sintassi: `Glcd_Rectangle(x_upper_left as byte, y_upper_left as byte, x_bottom_right as byte, y_bottom_right as byte, color as byte)`

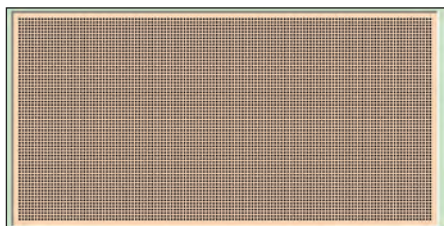



Figura 8: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Fill(0xFF)

Figura 9: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Fill(170) (=10101010b)

Figura 10: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Dot(64, 32 , 1)

Figura 11: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Line(30, 10, 100, 50, 1)

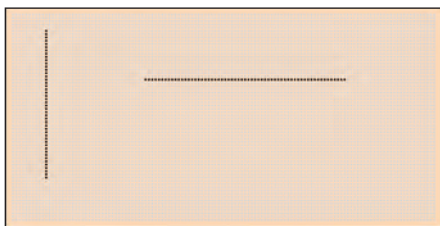



Figura 12: Lo stato del display dopo le procedure Glcd_V_Line(5, 50, 10, 1) e Glcd_H_Line(40, 100, 20, 1)

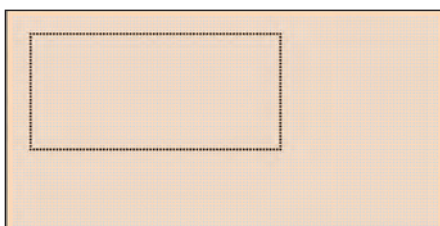



Figura 13: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Rectangle(5, 5, 80, 40, 1)

Figura 14: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Rectangle_Round_Edges(5, 5, 80, 40, 10, 1)

Figura 15: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Rectangle_Round_Edges_Fill(5, 5, 70, 30, 12, 1)

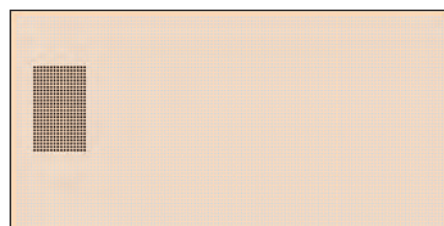



Figura 16: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Box(5, 15, 90, 40, 1)

Figura 17: Lo stato del display dopo la procedura Glcd_Circle(50, 30, 20, 1) e Glcd_Circle_Fill(90, 35, 10, 1)

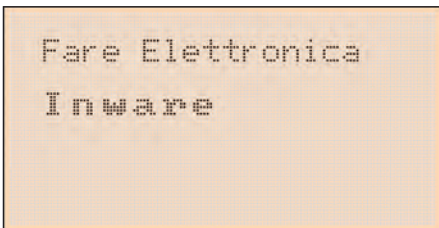



Figura 18: Uso delle procedure Glcd_Set_Font e Glcd_Write_Text

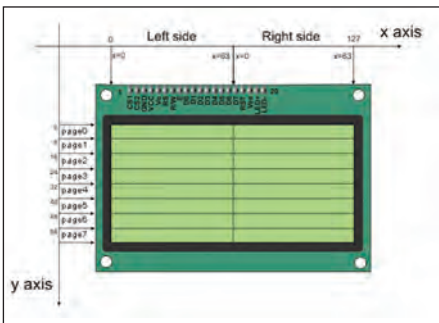



Figura 19: La suddivisione in pagine del display

Glcd_Rectangle_Round_Edges

Questa è una procedura che fornisce un risultato grafico elegante, in quanto disegna un rettangolo con i bordi opportunamente colorati. La rotondità si stabilisce fornendo la misura del raggio della stessa.

Sintassi: `Glcd_Rectangle_Round_Edges(x_upper_left as byte, y_upper_left as byte, x_bottom_right as byte, y_bottom_right as byte, radius as byte, color as byte)`

Glcd_Rectangle_Round_Edges_Fill

Anche questa procedura fornisce un risultato grafico molto elegante, in quanto disegna un

LISTATO 1 tipo per la visualizzazione di immagini

```
rem **************************
rem *        Listato         *
rem *      LCD GRAFICO       *
rem *  Immagini e Fotografie *
rem *  by Giovanni Di Maria  *
rem **************************

program Glcd_Test

rem Glcd module connections
dim GLCD_DataPort as byte at PORTD
dim GLCD_CS1 as sbit at RB0_bit
dim GLCD_CS2 as sbit at RB1_bit
dim GLCD_RS  as sbit at RB2_bit
dim GLCD_RW  as sbit at RB3_bit
dim GLCD_EN  as sbit at RB4_bit
dim GLCD_RST as sbit at RB5_bit
dim GLCD_CS1_Direction as sbit at TRISB0_bit
dim GLCD_CS2_Direction as sbit at TRISB1_bit
dim GLCD_RS_Direction  as sbit at TRISB2_bit
dim GLCD_RW_Direction  as sbit at TRISB3_bit
dim GLCD_EN_Direction  as sbit at TRISB4_bit
dim GLCD_RST_Direction as sbit at TRISB5_bit
rem End Glcd module connections

const fotografia as byte[1024] = (72, 216, 232,  80, 236,
80, 236, 208, 108, 244, 104, 212, 116, 244,  84, 244, 244,
148,

. . . . . . . . .  tanti altri dati . . . . . . . . .

 244, 118, 228, 212, 116, 212, 246,  80, 244, 196, 246,
132)

main:
   rem --- Configura AN pins come I/O digitali
   ANSEL  = 0
   ANSELH = 0
   Glcd_Init()          ' Inizializa Glcd
   Glcd_Fill(0)      ' Cancella Glcd
   Glcd_Image(@fotografia)
end.
```

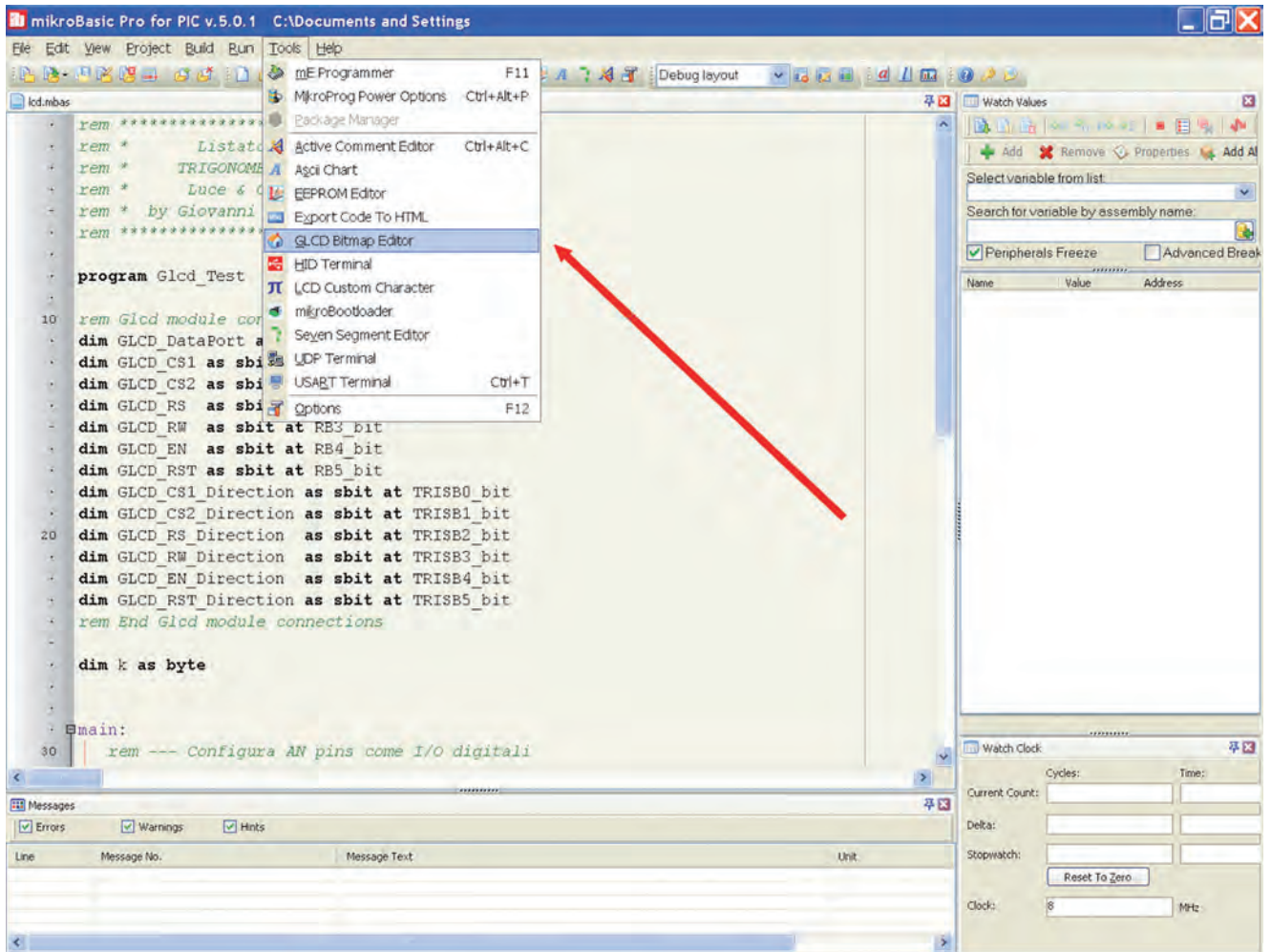



Figura 20: Come si accede al Glcd Bitmap Editor

rettangolo pieno con i bordi opportunamente colorati. La rotondità si stabilisce fornendo la misura del raggio della stessa. Da notare che tale procedura è estremamente lenta e per disegnare l'ellisse pieno in figura occorrono ben 2 secondi.

Sintassi: `Glcd_Rectangle_Round_Edges_Fill(x_upper_left as byte, y_upper_left as byte, x_bottom_right as byte, y_bottom_right as byte, radius as byte, color as byte)`

Glcd_Box

La procedura disegna un rettangolo pieno sul display. Occorre fornire ad essa l'angolo superiore sinistro (x1, y1) e l'angolo opposto inferiore destro (x2, y2). Il parametro color determina la tipologia del disegno: 0: cancella il rettangolo, 1: traccia il rettangolo, 2: inverte lo stato il rettangolo.

Sintassi: `Glcd_Box(x_upper_left as byte, y_upper_left as byte, x_bottom_right as byte, y_bottom_right as byte, color as byte)`

Glcd_Circle

La procedura disegna un cerchio sul display. I parametri da fornire sono le coordinate del centro (x,y), la misura del raggio ed il colore. Il parametro color determina la tipologia del disegno: 0: cancella il cerchio, 1: traccia il cerchio, 2: inverte lo stato il cerchio.

Sintassi: `Glcd_Circle(x_center as integer, y_center as integer, radius as integer, color as byte)`

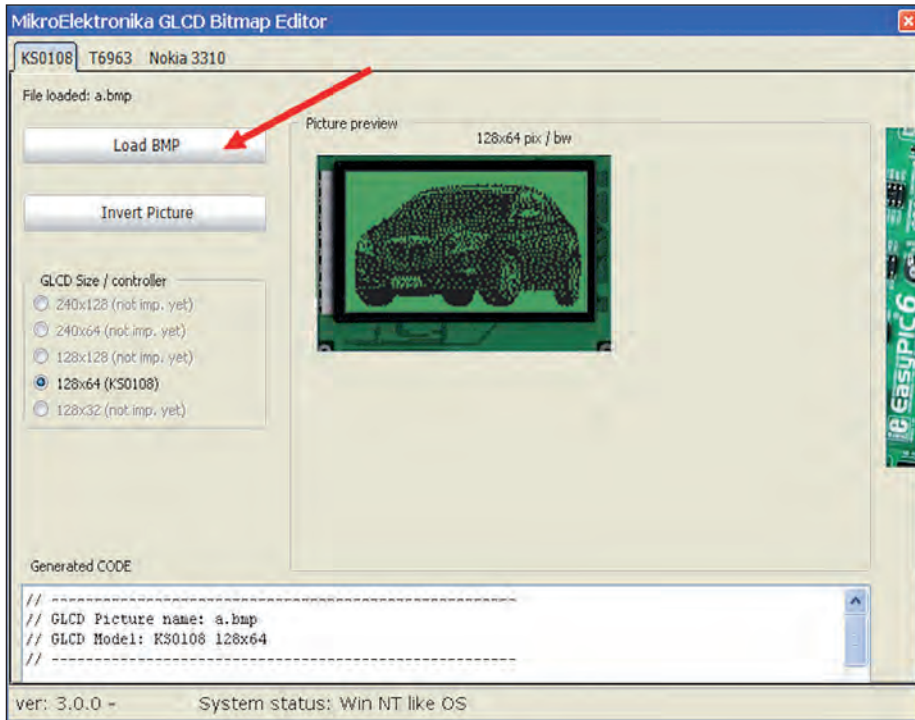



Figura 21: Il Glcd Bitmap Editor in funzione

Glcd_Circle_Fill

La procedura disegna un cerchio pieno e riempito sul display. I parametri da fornire sono le coordinate del centro (x,y), la misura del raggio ed il colore. Il parametro color determina la tipologia del disegno: 0: cancella il cerchio, 1: traccia il cerchio, 2: inverte lo stato il cerchio.

Sintassi: `Glcd_Circle_Fill(x_center as integer, y_center as integer, radius as integer, color as byte)`

Glcd_Set_Font

Questa procedura seleziona il tipo di carattere (font) da utilizzare per visualizzare le stringhe con le funzioni dedicate Glcd_Write_Char e Glcd_Write_Text. I parametri da passare alla procedura sono il tipo di font da visualizzare, la larghezza del carattere in punti, l'altezza del carattere in punti e la differenza del codice Ascii standard e quello del set dei caratteri del mikroBasic.

Sintassi: `Glcd_Set_Font(byref const ActiveFont as ^byte, FontWidth as byte, FontHeight as byte, FontOffs as word)`

I font attualmente supportati sono i seguenti:

- Font_Glcd_System3x5
- Font_Glcd_System5x7
- Font_Glcd_5x7
- Font_Glcd_Character8x7

Bisogna prestare attenzione al fatto che il primo parametro della procedura si deve passare per indirizzo, pertanto occorre inserire il simbolo "@" prima del parametro stesso.

Esempio: `Glcd_Set_Font(@Font_Glcd_System5x7 , 5, 7, 32)`

Glcd_Write_Char

La procedura visualizza un carattere alla posizione desiderata.

Sintassi: `Glcd_Write_Char(chr as byte, x_pos as byte, page_num as byte, color as byte)`

Esempio: `Glcd_Write_Char("C", 10, 2, 1)`

Glcd_Write_Text

Questa procedura visualizza un testo sul display, fornendo coordinate e colore.

Sintassi: `Glcd_Write_Text(byref text as string, x_pos as byte, page_num as byte, color as byte)`

Esempio: `Glcd_Write_Text("Hello world!", 10, 2, 1)`

Glcd_Image

Visualizza una immagine bitmap sul display. Il parametro è passato per riferimento.

Sintassi: `Glcd_Image(dim byref const image as ^byte)`

Esempio: `Glcd_Image(@fotografia)`

LE PAGINE DEL DISPLAY

Il display, oggetto della nostra trattazione, è composto da alcune pagine accessibili dalle funzioni e dalle procedure. Occorre riferirsi ad alcune di esse, al momento della programmazione e della localizzazione delle coordinate.

FOTOGRAFIE E IMMAGINI

Il mikroBasic fornisce anche un ottimo supporto per la gestione delle immagini bitmap con il display. In altre parole è possibile, in maniera relativamente semplice, visualizzare una immagine o una fotografia sul display.
Per agevolare ulteriormente le operazioni grafiche di visualizzazione, l'ambiente di sviluppo mette a disposizione un utile strumento, il Bitmap Editor, con cui possono essere disegnate o persino caricate da disco le immagini, sotto forma di files.

Hai un quesito
di elettronica?
Vuoi comunicare
con altri appassionati?
Vuoi condividere
le tue esperienze?
Tutto questo
su IEforum!
www.ieforum.it

Uno dei più diffusi controller per LCD grafici monocromatici è il Toshiba T6963C, ormai diventato quasi uno standard. La maggior parte dei produttori forniscono più versioni dello stesso display al variare del controller, in modo che il cliente possa scegliere quello più adatto alle sue necessità. In questo caso, sicuramente sarà presente anche la variante con il T6963C. Data la sua diffusione, altri produttori hanno immesso sul mercato controller compatibili al 100% con la versione originale Toshiba, in alcuni casi più a basso costo. Imparare ad usare questo controller vuol dire saper utilizzare la maggior parte dei display grafici monocromatici sul mercato. Il controller T6963 è dotato di un bus dati ad 8 bit più alcune linee di controllo per le operazioni di lettura e scrittura. Questa interfaccia è utilizzata per il collegamento ad una CPU esterna (microcontrollore o microprocessore) che si occupa di inviare gli opportuni comandi per la visualizzazione sul display del testo e della grafica desiderata. All'interno del chip è presente una ROM che contiene la mappa dei caratteri, normalmente molto simile all'ASCII. Necessita di una RAM esterna, fino ad un massimo di 64KB. Grazie alla presenza di molti pin di configurazione, tale controller può essere utilizzato per diversi tipi di display grafici, a partire dai più piccoli 128x64 ai più grandi 240x128. Inoltre, può combinare in modo semplice la visualizzazione del testo, oppure della grafica, oppure di entrambi. Il duty-cycle del display può variare da 1/16 a 1/128. La memoria interna per la generazione dei caratteri implementa 128 caratteri diversi della dimensione massima di 8x8 pixel. La memoria RAM esterna deve avere una capacità massima di 64KB e contiene le informazioni su grafica e testo da visualizzare sul display. Si tenga presente che questo integrato ha solo funzioni di controllore, ma non è capace di pilotare direttamente i segmenti di un LCD, ragion per cui è necessario usare un apposito driver (come il T6A39 per le colonne e il T6A40 per le righe). Naturalmente, è il produttore del display che si occupa dell'interfaccia tra il T6963C e il suo display, mentre l'utilizzatore deve preoccuparsi solo dell'interfacciamento con la CPU.

Il controller T6963C

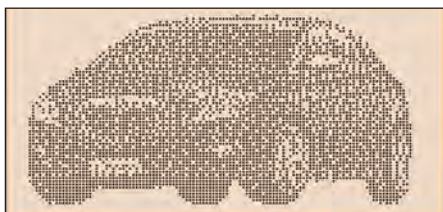



Figura 22: Una fotografia visualizzata sul display grafico.

Il Glcd Bitmap Editor

Questo strumento è indubbiamente indispensabile, per chi vuole gestire le fotografie sul display lcd grafico. Si accede ad esso tramite il menù Tools, selezionando la voce Glcd Bitmap Editor.
Alla versione attuale, possono essere gestiti i seguenti controllori:

- KS0108
- T6963
- Nokia 3310

La particolarità di questa *utility* sta nel fatto che, una volta caricata l'immagine, essa è visualizzata sul display virtuale e, soprattutto, viene generato il codice Basic da inserire nel nostro programma, tramite una semplice operazione di copia e incolla.
Una regola da rispettare è quella di creare e gestire delle immagini bitmap, in formato BMP, in modalità colore monocromatico (non scala di grigi, ma con 2 colori) e, soprattutto, della dimensione obbligatoria di 128x64 pixel.

Come trattare l'immagine

Ripetiamo schematicamente, per meglio fissare le regole, il formato appropriato, per essere gestito correttamente dal display Lcd grafico:

- Immagine bitmap (non vettoriale);
- Formato file: BMP:
- Modalità a due colori, monocromatico (non scala di grigi);
- Dimensione: 128x64 pixel.

Naturalmente è molto difficile trovare in rete una immagine che risponda perfettamente a queste esigenze, pertanto la fotografia dovrà necessariamente essere trattata con un programma di fotoritocco, prima di essere data "in pasto" al compilatore.

CONCLUSIONI

L'utilizzo di un display grafico consente di realizzare prototipi e progetti con un tocco di professionalità in più, maggiore rispetto ai normali display testuali LCD. L'unico aspetto negativo sta nella maggiore occupazione di RAM del microcontrollore, ma con i nuovi modelli, anche questo problema è superato.
Alle prossime puntate per altri segreti sui microcontrollori. ❑

CODICE MIP 2822127

MOUSER *Electronics:* sempre all'avanguardia *della tecnologia*

La creazione di ogni nuovo smartphone, dispositivo medicale portatile o sistema di assistenza alla guida ci ricorda come la tecnologia sia in costante evoluzione. "Innova alla svelta o rischi di restare indietro" è la massima che circola nel settore. E in nessun altro posto questo slogan è incisivo quanto tra i progettisti alle prese con la complessa attività di realizzare la prossima meraviglia tecnologica o elemento IT.

Mentre la convergenza tra comunicazioni e funzioni dei PC continua a fare progressi, i sistemi embedded si stanno trasformando in sistemi complessi. I componenti principali dei sistemi embedded sono microcontroller (MCU), processori di segnali digitali (DSP), sistemi operativi analogici in tempo reale, (RTOS), protocolli e interfacce specifici per il settore. I sistemi embedded possono essere digitali e analogici e riguardano sensori e attuatori, software, elementi meccanici e altri componenti.

Fedele alla propria filosofia di fornire sempre prodotti innovativi al mercato della progettazione, Mouser Electronics è un distributore globale che vanta 19 centri di assistenza clienti in tutto il mondo, 9 dei quali solo in Europa, inclusa una filiale locale a Milano. Considerata la costante crescita di Mouser volta a soddisfare la crescente domanda del mercato, gli uffici europei stanno acquistando sempre più importanza nell'ambito delle attività aziendali.

L'azienda ha una posizione di primo piano nel settore dei processori embedded e degli strumenti di sviluppo. Tiene a magazzino e distribuisce in tempi rapidi soluzioni innovative e di punta che si distinguono perché più evolute, più ecocompatibili e più convenienti. Non c'è da stupirsi quindi che Mouser sia rapidamente diventata una risorsa di progettazione globale e uno dei maggiori distributori al mondo di semiconduttori e componenti elettronici avanzati per i progettisti di tutta Europa. I clienti possono visitare il sito web www.mouser.com, dove una semplice funzionalità di ricerca permette di scoprire le ultime novità e le informazioni più aggiornate su sviluppi di prodotto, produttori

Figura 1 : Vendite e supporto tecnico a livello locale vengono forniti dalla sede italiana o da altri otto centri di assistenza clienti distribuiti in tutta Europa.

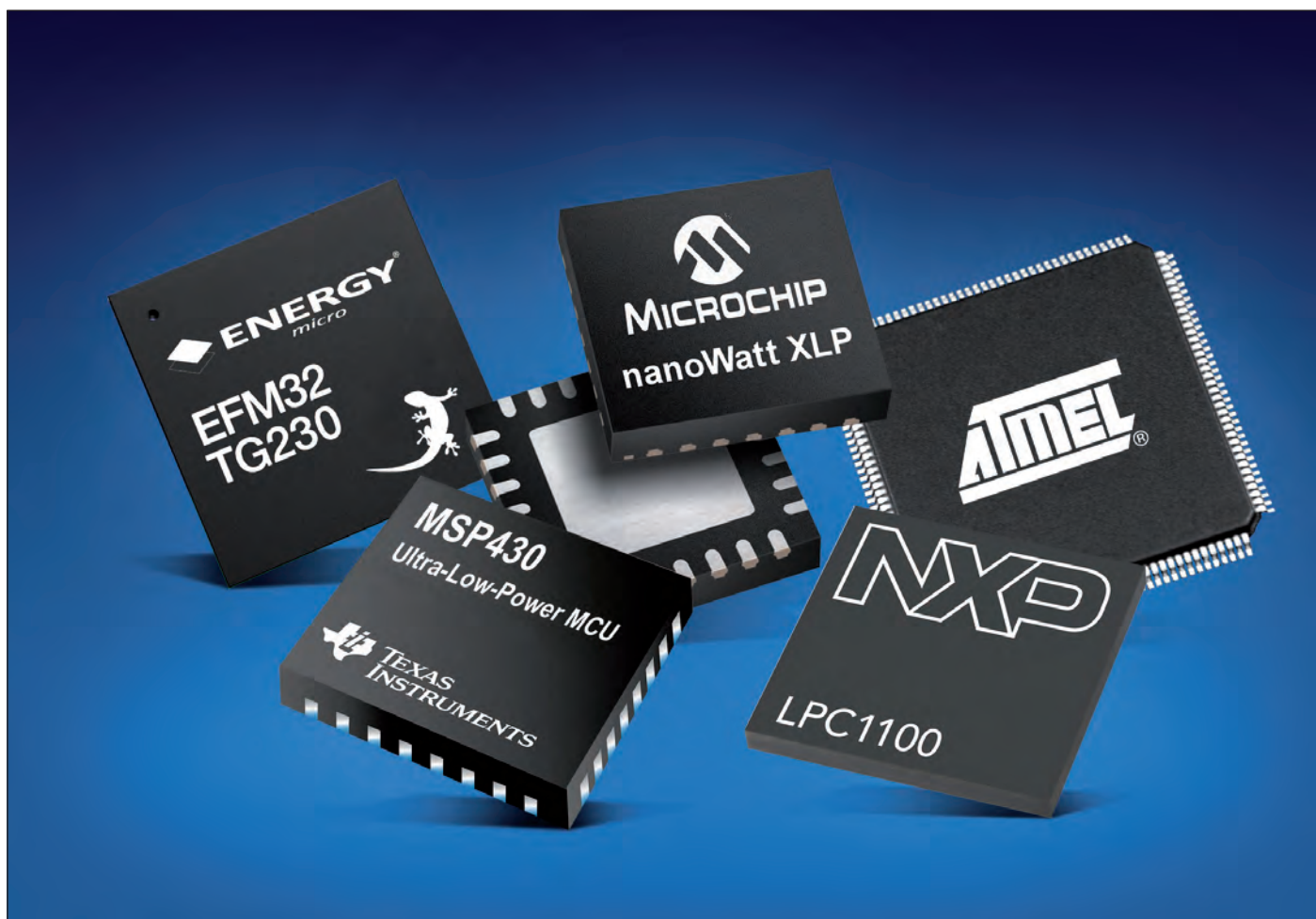



Figura 3 : Microprocessori dei produttori leader nel settore, il futuro del design embedded.

Figura 2 : Graham Maggs, Direttore Marketing Mouser EMEA

e applicazioni, nonché consultare data sheet, diagrammi a blocchi e altre utili risorse.

Numerosi sono i fattori di cui i progettisti devono tenere conto per sviluppare e costruire soluzioni a risparmio energetico più potenti e ridurre al contempo le dimensioni e i costi. Importanti caratteristiche di progettazione coinvolte sono bassa potenza, risposta in tempo reale, bassa dissipazione termica, dimensioni fisiche contenute, memoria, aspetti normativi, robustezza del design e altri fattori. Tutto questo compone un'importante sfida di progettazione quando si tratta di scegliere processori, sistemi operativi, ecc. Mentre cresce la richiesta di funzionalità all'aumentare delle pressioni sul time-to-market.

L'esigenza di bassissima potenza continua a dominare le discussioni tecniche. Un trucco per conservare l'energia consiste nel non fare nulla o quasi. Un primo esempio: le famiglie di prodotti XLP di Microchip riducono l'assorbimento di corrente a 20 nA in modalità sleep. Sempre attiva nell'ambito dell'innovazione, NXP Semiconductors presenta l'LPC1100L, basato su ARM Cortex™ M0, che di recente ha raggiunto la sorprendente velocità di clock di 130 µA/MHz in modalità attiva.
Anche i microcontroller MSP430 a 16 bit di Texas Instruments e gli MCU PicoPower di Atmel sono tra i più "risparmiosi" in circolazione. In aggiunta, dispositivi relativamente nuovi, inclusi gli MCU Gecko basati su ARM Cortex M3 di Energy Micro

continuano a superare i limiti nella fornitura di bassissima potenza.

“Oggi convenienza vuol dire portabilità, che a sua volta significa sistemi a bassa potenza alimentati a batteria”, spiega Graham Maggs, direttore EMEA per il marketing fornitori di Mouser. “Sebbene la bassa potenza sia sempre stato un obiettivo, il trend verso microcontroller con consumi a bassissima potenza ha subito un’accelerazione negli ultimi anni”.

Ecocompatibilità non significa necessariamente bassa potenza. Per ridurre la produzione di anidride carbonica i progettisti devono fare l’uso più efficiente possibile della potenza consumata. Nei progetti dei processori, la tecnica di utilizzare più core per aumentare l’efficienza di elaborazione sta raggiungendo la maturità. La nuova famiglia di DSP TMS320C66x Texas Instruments prevede otto core indipendenti in un unico die con funzionalità DSP a virgola fissa e mobile. Inoltre, le famiglie di processori Kinetis e i.MX di Freescale presentate di recente sul mercato sono microcontroller ARM altamente integrati basati su Cortex M4 e Cortex A8 dotati di più tipi di core e fino a 10 modalità operative per il funzionamento a bassa potenza.

I progettisti di sistemi embedded devono aggiornare le proprie competenze per quanto riguarda programmazione, debugging e test per ottenere il massimo dai propri progetti. Così molte aziende produttrici di semiconduttori si stanno allineando ai produttori di strumenti di sviluppo di terze parti per la loro esperienza. La tecnologia open source sta fortemente influenzando la progettazione di soluzioni a basso costo, altamente funzionali e adattabili.

Inoltre, Keil Tools, l’azienda produttrice dello strumento di sviluppo ARM, si dimostra all’altezza quando si tratta di complessi strumenti di debug con funzionalità di debugging multicore per il nuovo processore ARM NXP LPC4000. Avvalendosi di un’ampia gamma di strumenti di sviluppo di alta qualità di fornitori come Future Design, Inc., Code Red Technologies, Embedded Artists e MikroElektronika, Mouser si è imposta come punto di riferimento per i prodotti embedded di nuova generazione. Mouser offre una gamma completa di strumenti di sviluppo, inclusi starter kit, schede di valutazione, programmatori, debugger ed emulatori per valutare e testare rapidamente i progetti. I numeri di prodotto vengono aggiornati quotidianamente d etichettati come nuova tecnologia o flaggati come NRND (Not Recommended for New Design) e/o EOL (End of Life) e resi disponibili online, su catalogo o dispositivo mobile.

“Sia i consumatori che il settore dell’elettronica richiedono con sempre maggiore frequenza progetti embedded. Questo significa che ciascun anello della catena – dal costruttore di semiconduttori al produttore di strumenti di sviluppo – deve essere sempre all’avanguardia”, spiega Maggs. “Il nostro obiettivo è quello di aiutare i progettisti di tutto il mondo a portare i prodotti sul mercato più rapidamente. Per questo offriamo loro i prodotti più avanzati dei migliori fornitori. I clienti possono quindi contare su Mouser per realizzare le ultime novità nell’ambito dei processori embedded e degli strumenti di sviluppo”.

La costante evoluzione della tecnologia e la comparsa quasi quotidiana di nuovi prodotti richiede a progettisti, product manager e team di progettazione di comprendere i cambiamenti che stanno investendo il mondo dei sistemi embedded. Una risorsa affidabile come Mouser può aiutare tutte le parti coinvolte ad anticipare la curva della tecnologia embedded che incide sullo sviluppo della progettazione. ❑

Mouser Electronics Italia
Centro Direzionale Milanofiori
Strada 1 Palazzo E1
20090 Assago-MI
Italia
Telefono: +39 02 575065 71
Fax: +39 02 575164 78
www.mouser.com

a cura della REDAZIONE

DUE ANIME TECNOLOGICHE PER UN DOPPIO EVENTO *Fortronic*

Due eventi in un'unica giornata, il 21 giugno, per fare il punto della situazione sullo stato dell'arte della tecnologia

Il mercato embedded sta vivendo un momento particolarmente positivo ed effervescente, ricco di novità e di nuovi player sullo scenario italiano e internazionale.
*Il sucesso dell'edizione 2012 della manifestazione "***Embedded Word***" svoltasi lo scorso mese a Norimberga ne è la riprova.*
E proprio per seguire l'evoluzione del mercato, stimolato dalle aziende associate, **Assodel** *(Associazione Nazionale Fornitori Elettronica) ha deciso di dare vita a un evento interamente dedicato al settore embedded.*

UN FORUM SU EMBEDDED IC & AUTOMATION

Per la prima volta, compare nel calendario degli eventi Fortronic rivolti all'electronic community anche il forum Embedded IC & Automation, in programma per il 21 giugno a Milano presso il Centro Congressi Milanofiori di Assago.

Una giornata dedicata di approfondimenti tecnologici, dibattiti e incontri tra professionisti per dare uno sguardo insieme al futuro.
ARM, x86, Android e Windows Embedded 8 saranno alcuni dei temi più caldi di questo evento intorno ai quali saranno sviluppate la conferenza plenaria e i workshop aziendali.
Altri argomenti di interesse riguarderanno casi applicativi in ambito industriale, automazione, power & energy e transportation.

Infine, un'area demo e una serie di seminari saranno focalizzati sul tema dei display: dal touch screen all'e-signage.

L'evento è promosso dal Gruppo Embedded & IC interno ad Assodel.

Le tematiche sono prescelte dal Comitato Tecnico dell'associazione:

- *Franco Musiari Direttore Tecnico;*
- *Politecnico di Milano - Carlo Brandolese;*
- *Advantech - Francesco Cattaneo;*
- *Automata - Marco Fantoni;*
- *Comprel - Gianclaudio Lolli;*
- *Contradata - Gianni Damian;*
- *Tpole - Pietro Milani.*

UN EVENTO PARALLELO DEDICATO ALLE TECNOLOGIE RF & WIRELESS

Stessa data, 21 giugno, e stessa location, Centro Congressi Milanofiori di Assago, Milano anche per un altro evento dedicato alla comunità elettronica italiana: RF & Wireless Fortronic.
Un forum parallelo in cui incontrarsi, dibattere e

approfondire le ultime novità tecnologiche in ambito wireless e radiofrequenza. Dall'energy harvesting ai sistemi smart grid, smart metering e smart building.

L'evento è promosso da Assodel.

Le tematiche sono prescelte dal Comitato Tecnico dell'associazione:

- *Assodel - Franco Musiari Direttore Tecnico;*
- *Agilent Technologies - Massimo Valcamonica;*
- *Atmel - Daniele Colombo;*
- *Avnet Memec - Marco Ferrari;*
- *Comprel - Alberto Caimi;*
- *Future - Marco Rizzo;*
- *Microchip - Giacomo Colombo;*
- *NXP - Ernesto Bosi.*

Due eventi in un'unica giornata per fare il punto della situazione sullo stato dell'arte della tecnologia. ❑

Ogni evento è strutturato in:
- **Community** - *area demo per l'incontro tra domanda e offerta di fornitori e utilizzatori*
- **Conference** - *un filo conduttore di interventi selezionati e dedicati alle novità di prodotto, alle applicazioni tecnico/commerciali, ai case history*
- **Tutorial** - *seminari formativi e tutorial applicativo-progettuali per tecnici*

Per informazioni:
www.fortronic.it

L'evento è dedicato esclusivamente agli specialisti del settore: tecnici, progettisti, buyer, system integrator, software house, consulenti che operano nei mercati digital signage, industrial automation, logistica, medicale, military & avionics, motion control, networking, sicurezza/videosorveglianza, transportation e telecom.

il TARGET

Il modello Fortronic è riconosciuto internazionalmente come il migliore "costo-contatto" per qualità ed efficacia in quanto realizzato dall'associazione e gestito da un gruppo di esperti prescelti tra i maggiori attori del mercato.

il FORMAT

il PROGRAMMA
La sessione plenaria affronta argomenti di estrema attualità, come i "sistemi multi-core" e le proposte dei "core ARM", ma guarda anche, con un occhio nuovo, a vecchi dibattiti come il "make or buy?" o "industrial vs consumer".

"Evoluzione dei Sistemi Embedded: verso architetture multi-core". – Politecnico di Milano e CefrielL'evoluzione tecnologica degli ultimi anni ha stimolato lo sviluppo di nuove soluzioni basate su paradigmi architetturali mutuati dall'ambito del super-computing ma adatte a scalare verso il mondo dei sistemi embedded. Questo processo evolutivo ormai già avviato, sia a livello architetturale che funzionale, consentirà nel giro di pochi anni di rivoluzionare il modo di concepire hardware, software, applicazioni e scenari d'uso dei sistemi embedded di nuova generazione.

"ARM, un core, una roadmap, un futuro". Una rivoluzione sta coinvolgendo anche il mercato dei sistemi embedded. Il monopolio della architettura x86 sta per essere scosso dalla entrata massiccia di una nuova piattaforma che nuova non è. L'ARM è ormai sul silicio di moltissimi produttori che promettono minore dissipazione, prestazioni equiparabili, una dedizione particolare al mondo industriale e, soprattutto, costi più competitivi."ARM nell'esperienza di un Design Center indipendente". L'esperienza diretta di chi ha già utilizzato un core ARM con tutto quello che ne consegue: dagli strumenti di sviluppo alla scelta del sistema operativo. I problemi affrontati ma anche gli aspetti positivi nel bilancio di una esperienza."Make or Buy". L'eterno dilemma di chi opera nel mondo dei sistemi embedded: realizzare in prima persona o acquistare off-the-shelf (dallo scaffale)? I vantaggi dell'una e dell'altra soluzione e il tentativo di trovare il punto di equilibrio.
"Industrial versus consumer". Le soluzioni basate su PC 'industrial grade' sono più costose rispetto alle soluzioni basate su motherboard provenienti dal mondo consumer dei PC classici. E non è solamente una questione di range di temperatura. Un PC industriale lo è fin dai primi passi del suo progetto perché deve garantire livelli di affidabilità e tempi di vita (sia operativa che di disponibilità sul mercato) impensabili per i cugini del cosnumer.

il PROGRAMMA

di ROBERTO D'AMICO

Tutorial PIC18 (parte prima)

COME si SCRIVE in C

Prima parte di una serie di articoli volti a spiegare il linguaggio C e il suo utilizzo con i PIC serie 18, rivolto a coloro che si affacciano per la prima volta al mondo dei PIC o che li usano ma con linguaggi diversi.

Si sente spesso dire che scrivere un programma in C è difficile, anche accendere, un solo led sembra un ostacolo insormontabile, un motivo potrebbe essere che esistono altri linguaggi, i quali dispongono nativamente d'istruzioni per la gestione delle periferiche, come possono essere la Seriale o il convertitore AD, mentre per il C (standard) non esistono, ma è proprio questa una delle caratteristiche che fa la differenza e ne determina la potenza del linguaggio. Come avremo modo di vedere anche per il C esistono librerie già pronte per gestire le periferiche dei microcontrollori, sviluppate solitamente dal produttore del compilatore, ma ne esistono altre sviluppate dalla comunità. Un altro grande vantaggio del C è la sua portabilità, non essendo un linguaggio specifico per una CPU, questo ci permette di utilizzare sui nostri PIC funzioni che sono state scritte per altri microprocessori, a patto che queste non utilizzino periferiche specifiche del Microcontroller. Per capire meglio questo concetto prendiamo ad esempio una funzione che restituisce un array contenente numeri primi, che questa sia stata scritta per PC, un ATMEL, ecc, se scritta in C ANSI (ANSI è l'organo che definisce lo standard, si usa indicare C ANSI per dire che è conforme allo standard), potremo usarla senza alcun problema anche su un programma realizzato per un PIC.
Come per ogni altro linguaggio ci sono delle semplici regole di sintassi da imparare, le istruzioni di base sono veramente poche e intuitive, lo scopo di questo tutorial è di presentare una serie di esempi, facilmente realizzabili, introducendo i concetti del linguaggio C applicati ai PIC e le loro periferiche.

CHE COSA SERVE PER COMINCIARE

Per prima cosa serve un PIC, per affrontare i vari temi del corso useremo un 18F2620, questo PIC ha un buon numero di periferiche, che ci consentono di coprire i vari temi che verranno affrontati, un altro buon motivo per utilizzarlo è la compatibilità pin to pin con il famoso 16F876, può essere quindi utilizzato come sostituto su una vecchia scheda di cui magari siete già in possesso, visto che questo micro era molto diffuso qualche anno fa, l'unica modifica necessaria sarà quella di cambiare il quarzo, visto che la serie 18 grazie al PLL interno con un quarzo da 10MHz può far lavorare il PIC ad una frequenza di 40MHz. Per la cronaca esiste anche il fratello maggiore del 2620 ossia il 18F4620 a 40 pin, quindi più I/O disponibili è più memoria, ma stesse funzionalità, compatibile a sua volta con il 16F877 fratello maggiore del 876.
Come anticipato i circuiti saranno sempre molto semplici, utilizzeranno pochi componenti come resistenze, trimmer, led, pulsanti che verranno di volta in volta indicati, il tutto sarà montato su di una bread-board per rendere il circuito più facile da montare e modificare.
Per quanto riguarda l'ambiente di sviluppo il consiglio è di utilizzare il nuovo MPLABX della stessa Microchip, è un ambiente nuovo e al momento l'ultima versione disponibile è la 1.10, la grande novità di questa versione è di essere finalmente multipiattaforma, quindi si può scaricare sia la versione per Windows sia per Linux o Mac, come compilatore useremo il C18 sempre di Microchip. Per ottenere questi due software basta andare nell'apposita pagina del sito [1], selezionare la piattaforma per cui scaricare il

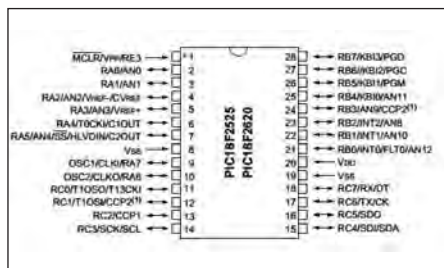



Figura 1: Piedinatura del PIC 18F2620

software, selezionare "MPLAB IDE X" e "MPLAB C 18 Lite Compiler for PIC18 MCUs" ed avviare il download.
Per completare l'elenco del materiale necessario al corso, abbiamo bisogno di un programmatore per i PIC, in rete si trovano molti progetti semplici e realizzabili con pochi euro, alcuni sono cloni di prodotti commerciali. Microchip propone un buon programmatore ad un prezzo modico, che integra anche funzioni di Debug seppur ridotte, si tratta del PicKit3. Esiste anche una versione precedente, il PICKit2, che si riesce a trovare ad un costo minore, ma non è più supportato, quindi non è in grado di programmare i nuovi modelli di PIC che usciranno, per quelli utilizzati nel corso va comunque bene, quindi se già lo possedete non è necessario comprare altro, o se riuscite a trovarlo ad un buon prezzo e non avete pretese di passare a chissà quale PIC in futuro potrebbe essere una buona spesa. Per dovere di cronaca va segnalata l'esistenza dell'IDC3, costa un po' di più, ma per quanto riguarda il Debug è migliore del PicKit.
Per finire vi servirà buona volontà, molto interesse, voglia di fare, ma anche di divertirsi.

LISTATO 1

```
1. unsigned int somma(unsigned char val_uno, unsigned
char val_due, unsigned char val_tre)
2. {
3.     unsigned int totale=0;
4.    totale=val_uno+val_due+val_tre;
5.     return totale;
6. }
```

LISTATO 2

```
#include <p18F2620.h>
#define MIA_ETA 30

unsigned int somma(unsigned char val_uno, unsigned char
val_due, unsigned char val_tre)
{
  unsigned int totale=val_uno+val_due+val_tre;
  return totale;
}

void main(void)
{
  unsigned char temperatura=20;
  unsigned int risultato=0;

  risultato=somma(temperatura,MIA_ETA,3);
}
```

COMINCIAMO DALL'ABC

La grammatica del C, o meglio la sintassi, è molto semplice e composta di poche regole. La prima è che in testa ad ogni programma vanno inserite le direttive al compilatore, alcune di queste possono essere messe anche nel corpo del programma, tutte sono precedute dal simbolo "#" e servono come indicazione al compilatore per alcuni comportamenti che deve seguire in fase di precompilazione. Vediamo subito un esempio, la direttiva "#include <p18f2620.h>", serve ad indicare al compilatore che deve essere incluso nel nostro programma il file p18f2620.h. In C questi file chiamati "Header file" rappresentano una sorta di librerie che possono contenere funzioni, costanti, definizioni di macro e valori. Una volta aggiunta la direttiva include nel nostro programma, è come se tutto ciò che è definito all'interno del file indicato, venga automaticamente incluso nel nostro programma. Notate che la parola "include" in inglese vuol dire proprio "includere", faccio notare questa cosa perché come vedremo molte istruzioni sono dei vocaboli inglesi che rendono bene l'idea del loro comportamento.
Altro esempio di direttiva al compilatore sono le define, la cui sintassi è la seguente: "#define MIA_ETA 30 , questa riga indica al compilatore che nel nostro programma saranno definite delle "etichette", in questo esempio l'etichetta è "MIA_ETA", a cui è assegnato il valore 30, in questo modo ogni volta che nel nostro programma scriveremo MIA_ETA in fase di precompilazione, l'etichetta sarà sostituita con il valore 30. Un'etichetta può contenere informazioni diverse, come un'altra etichetta o anche una macro, che a sua volta è un tipo di etichetta più complessa che, avremo modo di vedere in seguito.
Dopo aver inserito le direttive al compilatore se abbiamo delle funzioni [2] nel nostro programma, è il momento di dichiararle, come vedremo dopo, ci sono due

LISTATO 3

```
#include <p18F2620.h>
#define MIA_ETA 30

unsigned int somma(unsigned char val_uno, unsigned char
val_due, unsigned char val_tre);

void main(void)
{
  unsigned char temperatura=20;
  unsigned int risultato=0;

  risultato=somma(temperatura,MIA_ETA,3);
}

unsigned int somma(unsigned char val_uno, unsigned char
val_due, unsigned char val_tre)
{
  unsigned int totale=0;
  totale=(unsigned int)val_uno+(unsigned int)val_due+(un-
signed int)val_tre;
  return totale;
}
```

modi per dichiarare le funzioni, scriverne l'intestazione e tutte le istruzioni che la compongono in questo punto del programma o scrivere qui solo la dichiarazione e poi la funzione completa dopo il corpo principale del programma.
Vediamo un esempio di dichiarazione completa di una funzione (i numeri di riga sono stati inseriti solo per facilitare la comprensione del codice).
Questa semplicissima funzione esegue la somma di tre numeri e ne ritorna il valore calcolato, ma analizziamo tutte le righe dell'esempio cominciando dalla prima.
Ogni funzione oltre ad avere un nome, nel nostro caso "somma" avrà un valore di ritorno, è stato scelto per questa funzione il tipo "unsigned int" (quello a sinistra del nome della funzione), mentre tra parentesi sono indicati tutti i parametri che sono passati alla nostra funzione.
Nelle righe 2 e 6 ci sono la parentesi graffa aperta e chiusa, queste delimitano una sezione di programma, nel nostro caso delimitano le istruzioni che compongono la funzione somma. Come vedremo in C qualsiasi sezione di programma è sempre raggruppata tra parentesi graffe.
La riga 3 contiene la dichiarazione di una variabile (totale), come si può vedere per definire una variabile è necessario indicarne prima il tipo, in questo caso è stata anche inizializzata con il valore 0, questa operazione non è sempre necessaria, ma è comunque una buona norma.
Alla riga 4 viene calcolata la somma dei tre parametri d'ingresso che, viene poi assegnata alla variabile totale tramite l'operatore "=", per terminare l'istruzione con un punto e virgola.
La riga 5 indica che la funzione ritornerà (return, ancora una parola inglese di facile comprensione) un valore rappresentato dalla variabile totale.
Notate che anche qui la riga termina con un punto e virgola, in C quasi ogni riga contente istruzioni termina con un punto e virgola, ma il simbolo ";" non è un terminatore della riga, ma d'istruzione, ed è così che il compilatore interpreta questo carattere. Quindi scrivere il codice su più righe è solo una comodità di lettura e buona norma di scrittura di un programma, niente può vietarci di scrivere tutto il codice su una sola riga (qui lo spazio non permette di scrivere su un'unica riga, ma consideratela come tale):

```
unsigned char somma(unsigned
char val_uno, unsigned char
val_due, unsigned char
val_tre){unsigned char tota-
le=vaL_uno+val_due+val_tre;re-
turn totale;}
```

Per il compilatore la funzione è corretta anche se scritta in questo modo, perché per lui i riferimenti sono le parentesi graffe e i punti e virgola, ma è lampante che per noi umani andare a rileggere un programma scritto in questo modo è invece molto più complicato.
Tra i vari tipi di dato, c'è un tipo speciale, il void che vediamo utilizzato nella funzione definita di seguito:

```
void accendi_led(void);
```

questa indica che la funzione "accendi_led" non restituisce nessun valore e non prende nessun valore in ingresso, notate anche che è stata appena dichiarato una funzione con la sola intestazione, la differenza rispetto a quanto fatto in precedenza è che non c'è il corpo del codice della funzione e la dichiarazione termina con un punto e virgola.
La **tabella 1** riepiloga i vari tipi di dati che possono essere utilizzati con il C18, oltre al nome che li indentifica, in tabella troviamo la dimensione e il range di valori supportati, maggiori dettagli sono disponibili nella Guida Utente del C18. Da notare che si stanno usando comunque delle CPU a 8 bit, quindi è facile intuire che, per tutte le operazioni utilizzanti variabili di dimensioni maggiori di 8 bit, queste richiederanno più tempo da parte della CPU stessa per l'elaborazione, per questo motivo il consiglio è di valutare sempre attentamente quando si definisce un tipo di dato e cercare di utilizzare quello più piccolo possibile.

UN PRIMO PROGRAMMA

Analizziamo ora un programma completo, per fare questo introduciamo la funzione principale di un programma scritto in C, ossia la funzione main. Ogni programma deve contenere una funzione main, all'interno della quale è contenuto il nostro codice che, come abbiamo visto sarà delimitato dalle parentesi graffe.
Un'altra regola sintattica del C, cui dare

Tabella1: Tipi di dato che possono essere utilizzati in C18

TIPI DI DATI DEL C18			
TIPO	**DIMENSIONE**	**MINIMO**	**MASSIMO**
signed char, char	8 bit	-128	127
unsigned char	8 bit	0	255
int	16 bit	-32.768	32.767
unsigned int	16 bit	0	65.535
short	16 bit	-32.768	32.767
unsigned short	16 bit	0	65.535
short long	24 bit	-8.388.608	8.388.607
unsigned short long	24 bit	0	16.777
long	32 bit	-2.147.483.648	2.147.483.647
unsigned long	32 bit	0	4.294.967.295
float	32 bit	1,17549435e-38	6,80564693e+38
double	32 bit	1,17549435e-38	6,80564693e+38

molta attenzione, è quella di scrivere i nomi di funzioni, variabili e istruzioni sempre nello stesso modo, perché il C fa distinzione tra maiuscole e minuscole, quindi scrivere Main, con la M maiuscola, non è la stessa cosa di scrivere main, con la m minuscola, anzi sono interpretate dal compilatore come due parole diverse.
E ora vediamo nel **listato 2** un semplice programma completo a scopo esplicativo. Ora guardando il codice dovrebbe esservi tutto molto chiaro, nelle prime due righe abbiamo una include e una define, nelle righe successive troviamo la definizione della funzione somma, della quale ora possiamo approfondire alcuni concetti. I tre parametri d'ingresso sono di tipo unsigned char, mentre il valore restituito è di tipo unsigned int, questo potrebbe sembrare strano, ma è un modo di operare corretto, anzi direi che in questo caso è il modo migliore. Vediamo di capire il perché di questa scelta, abbiamo visto in **tabella1** che il tipo unsigned char ha come valore massimo 255, quindi ipotizzando un caso limite in cui tutte e tre le variabili hanno come valore il massimo possibile avremo: 255+255+255=765; questo risultato è chiaramente più grande di quello che un unsigned char può contenere, per questo motivo il risultato della somma lo memorizziamo in una variabile di tipo unsigned int, il cui valore massimo è 65535. Immaginate, che un tipo di dato corrisponda ad una scatola che può contenere un certo numero di palline definito, quindi una scatola unsigned char contiene al massimo 255 palline, se provassimo ad aggiungerne altre, queste andrebbero perse perché la scatola non riesce a contenerle, invece se riempiamo una "scatola unsigned char" di palline e la versiamo in una "scatola unsigned int" e ripetiamo l'operazione per altre due volte questa sarà in grado di contenerle senza problemi.
Questo tipo di operazione, ossia assegnare a una variabile di un tipo una variabile di un altro tipo, in gergo è chiamata cast, in questo caso si tratta di cast implicito, che vuol dire che quando si passa da un tipo ad uno più grande il compilatore esegue il cast automaticamente, altrimenti avremmo dovuto scrivere l'istruzione come riportato di seguito:

```
unsigned int totale=(unsigned int)val_uno+(unsigned int)val_due+(unsigned int)val_tre;
```

In questo modo il cast è esplicito, ed equivale a dire che le nostre variabili di tipo unsigned char per quest'operazione saranno gestite dal compilatore come se fossero delle unsigned int, in questo modo l'operazione viene eseguita con variabili dello stesso tipo. Come dicevamo prima essendo l'unsigned int più grande

PER *approfondire...*

http://ww1.microchip.com/downloads/mplab/X/index.html

http://it.wikipedia.org/wiki/Funzione_(informatica)

dell'unsigned char, non è necessario indicare nel codice il cast, scrivendo prima del nome della variabile il tipo usato temporaneamente tra parentesi, mentre è necessario indicarlo nel caso in cui si eseguono operazioni che portano da un tipo più grande verso uno più piccolo, naturalmente il valore in questo passaggio potrebbe subire delle alterazioni. Ad esempio se eseguiamo il cast ad int di una variabile double perderemo l'informazione dei decimali, che il tipo int non gestisce.
Il **listato3** che segue è un altro modo per scrivere il programma del **listato 2**, stando a quello che abbiamo detto in precedenza, potete vedere che in questo caso abbiamo solo dichiarato la funzione somma nelle prime righe, poi troviamo la funzione main ed in fine la funzione somma con tutte le istruzioni che la compongono, anche questa scritta in modo leggermente diverso, ma come ormai avrete ben capito il risultato non cambia.

CONCLUSIONI

In questa prima lezione abbiamo visto che, scrivere un semplice programma non è poi così complicato, basta seguire poche e semplici regole, e anche se non abbiamo ancora usato un PIC, abbiamo gettato le basi che serviranno per la prossima lezione in cui metteremo all'opera la nostra MCU.
Per approfondire quanto visto in questa lezione potete ragionare su un paio di cose, secondo voi quanto vale alla fine del programma la variabile "risultato"? E se nella funzione somma, del **listato 2**, avessimo utilizzato un tipo unsigned char per la variabile totale, quanto vale la variabile "risultato"?. ❑

CODICE MIP 2821435

di DARIO MAZZEO

MicroOS Esempi Pratici

(terza parte)

Gli esempi illustrati in questo articolo sono solo una dimostrazione delle potenzialità di microOS, pertanto sarà compito del lettore implementare e scoprire tutte le altre istruzioni.

L'uso e la gestione delle porte di I/O sono una delle peculiarità maggiormente utilizzate nei microcontrollori. L'esempio riportato nel **listato 1** illustra come si possano accendere e spegnere due LED collegati alle porte RB0 e RB1 con un intervallo di 1 secondo.

LISTATO 1
Esempio LED

```
put 00000011, #b; / ac-
cende i LED
dels 1; / attende 1 sec-
ondo
put 00000000, #b; / speg-
ne i LED
dels 1; / attende 1 sec-
ondo
```

LISTATO 2
Esempio luci a scorrimento

```
ass 1, $luci; / assegna
$luci=1
put $luci, #b; / accende
il primo LED
dels 1; / ritardo di 1s
whilet; / while infinito
mul 2, $luci; / $lu-
ci=$luci*2
put $luci, #b;
maxvar $luci, 128, 1; /
Se $luci>=128
dels 1; / assegna 1.
wend
```

La seconda e la quarta istruzione permettono di ottenere un ritardo di 1 secondo, mentre la prima e la terza abilitano e disabilitano le uscite della porta B. La programmazione del PIC avviene salvando il codice del **listato 1**. in C:\uos\ledon.txt, compilandolo nel file ledon_c.txt con il comando uoscomp e memorizzandolo nella memoria del PIC con il comando uossend:

```
C:\uos> uoscomp ledon.txt
ledon_c.txt
C:\uos> uossend COM1
ledon_c.txt
```

Un possibile schema circuitale in grado di implementare l'esempio precedente, è esposto nella **figura 1**. Gli ingressi sono posti a 5V mediante una rete di pull-up e cortocircuitati alla pressione di un tasto, viceversa le uscite sono collegate a massa tramite un LED e un resistore da 330 ohm.

LUCI A SCORRIMENTO

Per visualizzare l'effetto delle luci a scorrimento occorre collegare otto LED alle porte RB0:RB7 del PIC come mostrato nello schema circuitale di **figura 1** ed eseguire i passi precedenti inerenti alla compilazione e all'invio delle istruzioni.
Con riferimento al **listato 2**, la prima, la seconda e la terza istruzione provvedono rispettivamente ad assegnare il valore 1 alla variabile $luci, ad abilitare le uscite della porta B e a ottenere un ritardo di 1 secondo. Le restanti istruzioni attraverso un ciclo while infinito permettono di moltiplicare la variabile $luci per due, ovvero i bit contenuti nella variabile verranno traslati verso sinistra di

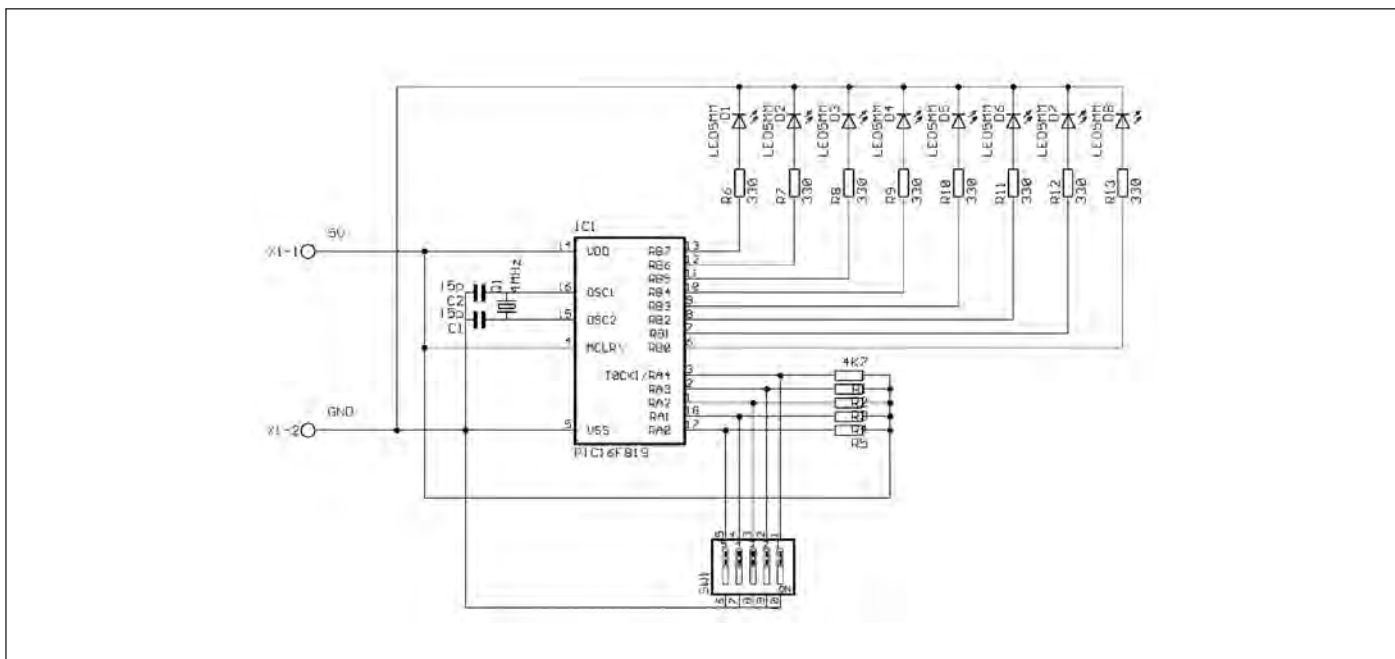



Figura 1: circuito per l'accensione delle luci in sequenza

1. Quindi, inizialmente $luci vale 00000001; al passo successivo varrà 00000010 e così via, fino al raggiungimento del valore 10000000 (128). Per evitare che al passo successivo la variabile $luci valga 0, si sfrutta l'istruzione maxvar che provvede ad assegnare il valore 1 non appena il valore raggiunto supera o è uguale a 128. Nel **listato 3** viene mostrato come realizzare una barra luminosa ad incrementi progressivi.

La prima istruzione moltiplica la variabile $luci per 2, producendo una traslazione verso sinistra di 1. Inizialmente la variabile $luci assume valore 0, quindi la moltiplicazione per 2 produce come risultato il valore 0. La seconda istruzione aggiunge 1 alla variabile $luci generando ad ogni ciclo il byte 00000000, 00000011, 00000111, e così via, fino al valore 11111111 (255). La terza e la quarta istruzione
provvedono a ritardare l'esecuzione di 1 secondo e di abilitare le uscite sulla porta B. Infine, l'ultima istruzione assegna alla variabile $luci il valore 1 quando questa raggiunge il valore 255. Come si può notare, all'avvio il contenuto delle variabili è settato a 0 (zero). Ne consegue che nel primo esempio è stato necessario assegnare alla variabile $luci il valore 1, poiché

LISTATO 3
Esempio luci ad incrementi progressivi

```
mul 2, $luci; / $luci=$luci*2
add 1, $luci; / aggiunge 1
dels 1; / ritardo di 1s
put $luci, #b; / accende il LED
maxvar $luci, 255, 0;
```

ogni moltiplicazione per 2 avrebbe prodotto come risultato 0.

ACCENSIONE TEMPORIZZATA

Il **listato** successivo affronta il problema dell'accensione temporizzata delle uscite in modo da automatizzare degli elettrodomestici o degli apparati elettrici mediante l'attivazione di un relé. L'esempio riportato nel **listato 4** mostra come attivare o disattivare un relé collegato sulla porta RB0 in modo temporizzato alla pressione di un tasto. Sarà compito del

LISTATO 4
Esempio di accensione temporizzata

```
antib $in, 00000000, #a;
/ antirimbalzo
if  $in,  0,  #1;  /  se
$in.0=1
putor 0000001, #b; / at-
tiva il relé 1
delm 15; / rimane acceso
per 15min
putand 11111110, #b;  /
spegne il relé
elseif $in, 1, #1; / se
$in.1=1
putor 00000010, #b; / at-
tiva il relé 2
delm 5; / rimane acceso
per 5min
putand 11111101, #b;  /
spegne il relé 2
endif;
```

lettore estendere e completare il codice in base alle proprie esigenze.

L'istruzione antirimbalzo fornisce nella variabile $in lo stato dei pulsanti di in-

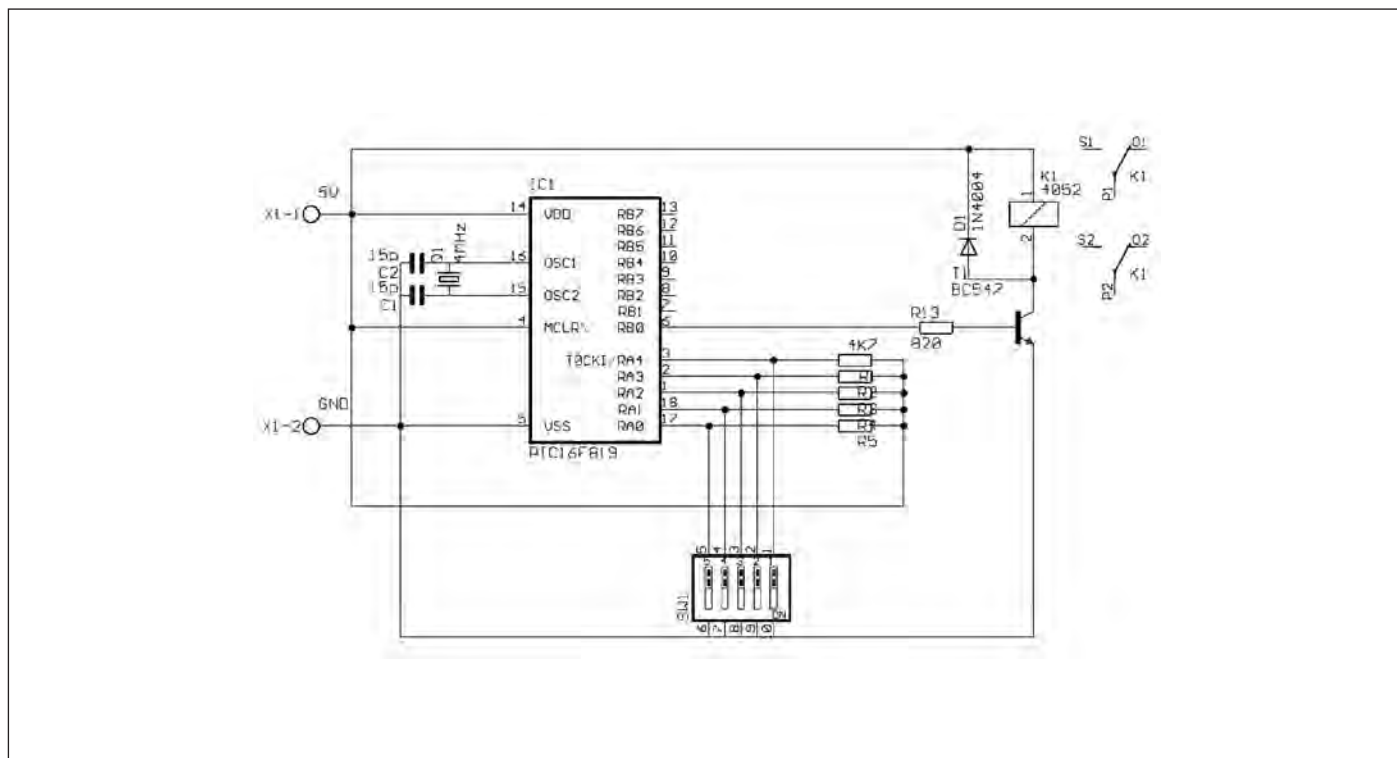



Figura 2: circuito per la gestione dell'accensione temporizzata

LISTATO 5
Esempio di contatore modulo 10

```
antib $in, 00000000, #a;
/ antirimbalzo
if $in, 0, #1; / se il
pulsante 0 è ON
add 1, $count; / aggiunge
1
elseif $in, 1, #1; / se
il pulsante 1 è ON
sub 1, $count; / sottrae
1
endif;
minvar $count, 1, 1; /
se $count<=1, assegna 1
maxvar $count, 10, 9; /
se $count>=10,assegna 9
bcd $count, $out, #1; /
$out=BCD($count)
put $out, #b; / scrive
sul display
```

gresso, pertanto tutto il resto del codice farà uso di questa variabile per la gestione dei relé. La struttura di selezione if permette di gestire due relé collegati sulle porte RA0 e RA1 effettuando un controllo sulla variabile $in rispettivamente sul bit 0 e 1. In **figura 2** viene gestito un solo relé per evitare complicazioni sul circuito, ma il lettore potrà estenderlo replicando la circuiteria sull'uscita RA0 su tutte le altre. Le istruzioni putor e putand, presenti all'interno del blocco if permettono di abilitare o disabilitare i relé senza modificare gli altri stati della porta B. Più precisamente il comando putor abilita il relé mentre il comando putand lo disabilita. Il ritardo temporale di 15 minuti posto tra i due comandi consente lo spegnimento automatico del relé. La funzione di ritardo utilizzata può essere sostituita con dels per ritardi temporali dell'ordine di È inteso che la variabile o il valore del ritardo non devono superare il valore 255 (8 bit). Il ritardo temporale è calcolato con un quarzo da 4MHz, pertanto l'utilizzo di quarzi differenti provoca accelerazioni o decelerazioni sul conteggio.

CONTATORE MODULO 10

Un contatore up/down è un circuito in grado di contare gli impulsi ricevuti da un'interfaccia esterna (pulsanti, segnali digitali, etc.), incrementando o decrementando una variabile di conteggio. Lo schema circuitale proposto in **figura 3** e il codice presente nel **listato 5** illustrano come realizzare un contatore modulo 10 che visualizzi il valore del conteggio su un display a 7 segmenti.

La prima istruzione permette di verificare tramite la variabile $in il tasto premuto, quindi tramite la struttura di selezione if sarà possibile incrementare o decrementare il conteggio di 1 con le istruzioni add e sub. Le istruzioni minvar e maxvar permettono di bloccare il conteggio su un valore massimo e un valore minimo evitando incrementi o decrementi incontrollati. Nell'esempio esposto non si potrà decrementare la variabile $count al di sotto del valore 1 e non potrà essere incrementata oltre il valore 9. L'istruzione bcd converte il valore della variabile $count nell'equivalente BCD memorizzando il risul-

LISTATO 6
Esempio di antifurto

```
antib $in, 00000000, #a;
/ antirimbalzo
if $in, 0, #1; / Se anti-
furto ON
put 0000001, #b; / lam-
peggio frecce
del 200;
put 00000000, #b;
del 200;
put 00000001, #b;
del 200;
put 00000010, #b; / LED
antifurto ON
ass 1, $antifurto;
elseif $in, 1, #1; / Se
antifurto OFF
ass 0, $antifurto;
put 00000000, #b;
endif;
if $antifurto, 1, #==;
if $in, 2, #1; / Se sen-
sore ON
while $i, 20, #<=;
putor 00000101, #b; /
sir. all. ON
dels 1;
putand 11111010, #b; /
sir. all. OFF
dels 1;
add 1, $i;
wend;
endif;
endif;
```

LISTATO 8
Esempio conversione ADC e invio dati su PC

```
setup 0; / impostazione
porte
adc 4, 10, $a; / $a =
ADC su AN4
setup 7; / impostazione
porte
send $a; / invio su se-
riale di $a;
```

tato della conversione nella variabile $out per un display a catodo comune (#cc). Infine, l'ultima istruzione mostrerà sul display il risultato della conversione. Per poter modificare i limiti di conteggio (ad esempio per realizzare un contatore modulo 15), basterà agire sui parametri dell'istruzione maxvar nel modo seguente:

```
maxvar $count, 16, 15;
```

L'istruzione bcd consente di visualizzare sul display la codifica di
lettere per valori superiori a 9 e del punto (.) per valori superiori a 16.

ANTIFURTO
Un possibile sorgente utile per l'implementazione di un antifurto è
illustrato nel **listato 6**. Sarà compito del lettore interfacciare i segnali
di ingresso con un telecomando e gestire le uscite con opportuni stadi di potenza. La prima istruzione è stata già trattata in precedenza e fornisce nella variabile $in gli ingressi da gestire con la struttura di selezione if. Quando il valore di RA0 è vero, risulta vera la prima condizione la quale provvede ad abilitare l'antifurto assegnando alla variabile $antifurto il valore 1. Le precedenti istruzioni permettono di accendere
e spegnere le frecce del veicolo con un intervallo di 200ms, mentre la penultima istruzione abilita la porta RB1 accendendo il LED di ON. Quando il valore di RA1 è vero, l'antifurto viene disabilitato assegnando il valore 0 alla variabile $antifurto e spegnendo il LED di ON. La seconda struttura di selezione risulta verificata se la variabile $antifurto vale 1 (antifurto abilitato); in seguito la struttura di selezione più interna permette di abilitare la sirena di allarme quando l'ingresso relativo al sensore risulta vero. L'effetto della sirena è ottenuto tramite un ciclo while con variabile contatore e accendendo e spegnendo la sirena con un intervallo di 1 secondo per una durata totale di 40 secondi. Lo schema circuitale proposto è analogo a quello esposto in **figura 1** con la variante che gli ingressi e le uscite dovranno essere collegati come indicato di seguito:

- Attivazione allarme: Porta A.0
- Disattivazione allarme: Porta A.1
- Sensore allarme: Porta A.2
- Frecce: Porta B.0
- LED di indicazione allarme ON: Porta B.1
- Sirena allarme: Porta B.2

SUONERIA
Per la realizzazione di un dispositivo in grado di richiamare l'attenzione dell'utente, ci si potrà avvalere di comunicazioni visive e sonore, collegando dei LED alle porte RB1:RB7 oltre ad un buzzer tra la porta RB0 e massa (vedere **figura 1**). Per generare un suono che simuli l'effetto di un campanello si ricorre alla funzione qsweep che riproduce le varie note, dopo averne impostato i valori di frequenza e durata.

Con riferimento al **listato 7**, la struttura di selezione if permette di eseguire le istruzioni contenute nel ciclo while se lo stato dalla porta RA0 è vero. Le istruzioni putor e putand abilitano le uscite RB1:RB7 accendendo e spegnendo ad intervalli di 1 secondo i LED collegati, viceversa le istruzioni qsweep realizzano due note eccitando il buzzer collegato sulla porta RB0. Il segnale di attivazione da fornire all'ingresso RA0 può essere ottenuto da un partitore resistivo se il segnale esterno è digitale ma con livelli di tensione superiori a 5V, oppure utilizzando un multivibratore astabile in grado di generare una forma d'onda rettangolare da 5V se in ingresso è disponibile un segnale impulsivo.

CONVERSIONE ADC E INVIO DATI SU PC
Molto spesso si ha la necessità di dover convertire un segnale analogico in forma numerica campionandolo parecchie volte al secondo (campionamento), assegnando un valore a ciascuno di questi campioni (quantizzazione) e restituendoli in uscita in forma di numeri binari (codifica). Per poter realizzare uno strumento capace di convertire un livello di tensione e inviare il risultato della codifica su PC mediante una comunicazione seriale, ci si può avvalere dello schema circuitale proposto in **figura 4** e il programma riportato nel **listato 8**.

LISTATO 7
Esempio di suoneria

```
antib $in, 00000000, #a;
/ antirimbalzo
if $in, 0, #1; / Se seg-
nale è ON
while $i, 10, #<=;
putor 11111110;
qsweep    250,     200,
00000001;
qsweep    200,     200,
00000001;
dels 1;
putand 00000001;
qsweep    175,     200,
00000001;
qsweep    160,     200,
00000001;
dels 1;
add 1, $i;
wend;
endif;
```

LISTATO 9
Esempio conversione ADC, invio dati su PC e visualizzazione su fondo scala

```
setup 0; / impostazione
porte
adc 4, 200, $adc; / $adc
= ADC su AN4
setup 7;
put 0, #b; / azzera le
porte
ass 1, $i; / $i=1
while $adc, $t, #>=;
mul 32, $i, $t;
if $adc, $t, #>=; / Se
$adc>=$t
putor $i, #b;
endif;
mul $i, 2, $i;
wend;
send $a; / invio su se-
riale di $a;
```

LISTATO 10
Esempio di scelta della funzione da PC

```
recv $a; / riceve da se-
riale
if $a, 1, #==; / se $a=1
put 00000001, #b; / at-
tiva il bit B.0
elseif $a, 2, #==; / se
$a=2
put 00000010, #b; / at-
tiva il bit B.1
elseif $a, 3, #==; / se
$a=3
get $b, #b; / legge da
porta B
send $b; / invia su se-
riale
endif;
```

LISTATO 11
Visualizzazione di un valore a due cifre decimali

```
add 1, $c; / aggiunge 1 a
$c
div  $c,  10,  $dec;  /
$dec=$c/10
ass $_bx, $unit; / cifra
dopo virgola
bcd $dec, $dec_c, #cc; /
conversione BCD
bcd $unit, $unit_c, #cc;
/ “
put $dec_c, #b; / scrit-
tura su portB
put  $unit_c,  #c;  /  “
portC
maxvar $c, 100, 0; / con-
trollo su $c
dels 1; / ritardo di 1
sec.
```

Le istruzioni di setup consentono la configurazione della porta RA come analogica o digitale mediante i parametri 7 e 0; la seconda istruzione memorizza nella variabile $a il risultato della quantizzazione calcolato su una media di 10 campioni prelevati sulla porta AN4. L'ultima istruzione invia tramite una comunicazione seriale sulla porta RA0 e RA1 il valore della variabile $a sul PC. Per poter ricevere il byte e stabilire una comunicazione seriale tra PC e PIC, si potrà ricorrere al software uoscomr:

```
C:\uos> uoscomr COM1
```

Il byte ricevuto verrà convertito automaticamente in un valore decimale e visualizzato a video:

```
Ricezione in corso...
152
```

Il valore decimale ricevuto, a sua volta, potrà essere riconvertito in un livello di tensione equivalente mediante la seguente relazione:

Tensione (V) = Riferimento_di_tensione (V) / 255 * Valore_ADC

Nell'esempio del **listato 8** si è supposto di utilizzare un riferimento di tensione pari a 5V facendo scaturire il valore della conversione ADC pari a 152. Applicando la relazione precedente, si può calcolare un livello di tensione pari a 2.98V. L'esempio del **listato 8** può essere integrato per ulteriori finalità aggiungendo una barra luminosa a LED che rende visibile il livello di tensione acquisito rispetto al fondo scala dello strumento.
Lo schema circuitale di **figura 4** va completato, per quanto riguarda le uscite della porta B, con lo schema proposto in **figura 1**.

L'implementazione di una barra luminosa a LED può essere ottenuta collegando sulle porte RB0:RB7 dei LED e compilando il codice presente nel **listato 9**. Le prime tre istruzioni con l'ultima sono analoghe a quelle presentate nel **listato** precedente e non richiedono ulteriori commenti, vi-

Il primo oscilloscopio mixed-signal low-cost!

Oscilloscopio, Analizzatore di spettro

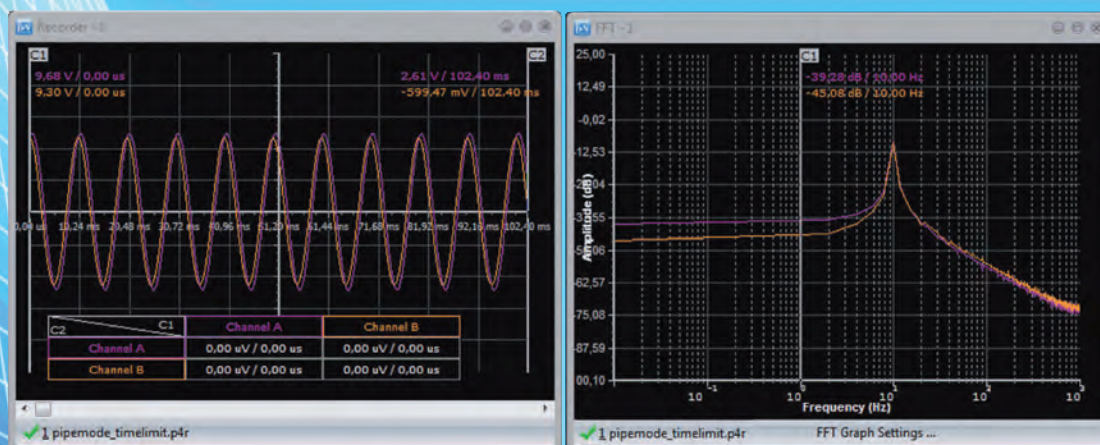
Analizzatore Logico, Generatore Logico

2+5 Canali analogici (12bit, 1MS/s)

Generatore di onde quadre e PWM

Registratore Digitale

16 Canali Digitali

Aggiornamenti software gratuiti

Oscilloscopio ed analizzatore di spettro

Numero canali: 2+5
Frequenza di campionamento: fino a 1MHz
Memoria:

- Buffer di lettura: 1126 campioni/canale (1 canale), 563 campioni/canale (2 canali).
- Pipe di lettura: 64K campioni/canale (1 o 2 canali).

Massima tensione di ingresso: -20 ÷ +20 V
Risoluzione ADC: 12bits
Triggering:

- Assoluto (per fronti di salita/discesa)
- Differenziale (per differenza tra campioni consecutivi)
- Esterno (per fronti di salita/discesa di segnali TTL)

Funzionalità disponibili: Hamming, Hanning, Blackman, Blackman-Harris.

Analizzatore logico

Numero canali: 16 (8 se utilizzato il generatore logico)
Frequenza di campionamento: fino a 10MHz
Memoria:

- Buffer in lettura (Fs=4-8 MHz) 128 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs=2-2.66 MHz) 1160 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs<=1 MHz) 1544 bit/canale
- Buffer in lettura (in mod. concatenamento) 1 Mbit/canale.
- Pipe di lettura (Fs < 500KHz) 4K a 256 Mbit/canale.

Massima tensione di ingresso: 0 ÷ +5 V
Triggering: per fronti del segnale, maschere, impulsi persi, clock esterno.
Clock: interno/esterno

Registratore

Frequenza di campionamento: fino a 1MHz
Capacità massima di registrazione: 24 ore (Fs < 100 Hz)
Tensione d'ingresso: -20 ÷ +20 V (hardware 2 sub-band)
Risoluzione ADC: 12bits

Generatore logico

Numero canali: 8
Frequenza di campionamento: fino a 1MHz
Memoria: 4000 bit/canale
Tensione di uscita: "0" - 0 V, "1" - 3.3 V
Massima corrente in ingress/uscita: 10 mA

Novità! Il più economico isolatore USB!

Ordinali subito su www.ieshop.it/poscope

LISTATO 12
Visualizzatore di livello

```
setup 0; / porte ana-
logiche
adc 1, 10, $adc; / ADC su
AN1
div 25, $adc; / conver-
sione 10 liv.
bcd $adc, $outb, #cc; /
conversione BCD
put $outb, #b; / scrit-
tura su portB
dels 1; / ritardo
```

LISTATO 13
Circuito monostabile

```
antib $in, 00000000, #a;
/ $in=ingresso A
if $in, 0, #1; / se im-
pulse=ON
put 1, #b; / abilita RB0
dels 10; / ritardo 10
sec.
put 0, #b; / disabilita
RB0
endif;
```

LISTATO 14
Contatore di impulsi

```
antib $in, 0, #a; /
$in=ingresso A
if $in, 0, #1; / se im-
pulso=ON
add 1, $count; /
$count=$count+1
endif;
bcd $count, $outb, #cc; /
conversione BCD
put $outb, #b; / abili-
tazione portaB
```

LISTATO 15
Timer con spegnimento automatico

```
re 199, $prot; / pro-
tezione PIC
if $prot, 255, #==; /
prima accensione
we 200, 36; / memorizza
36 ore
we 201, 0; / " 0 minuti
we 199, 1; / accensioni
succ.
endif;
re 200, $ore; / legge nu-
mero ore
re 201, $min; / legge nu-
mero min.
whilet;
add $ore, $min, $tot; /
Verifica la fine
if $tot, 0, #==; / del
tempo
whilet;
put 0, #b; / uscita sem-
pre bassa
wend;
else;
put 1, #b; / uscita alta
endif;
if $min, 0, #==; / in-
cremento del tempo
ass 59, $min; / $min=59
sub 1, $ore; / $ore=$ore-
1
we 200, $ore; / memoriz-
za le ore
endif;
delm 1; / attende 1 min-
uto
sub 1, $min; / $min=$min-
1
we 201, $min; / memoriz-
za i minuti
wend;
```

LISTATO 16
Voltmetro con due cifre e mezzo

```
/ Vref = 5V, FondoScala =
21.25V
/ Esempio di visualiz-
zazione: 18.6 (18.)
/ Vout=valore/12
setup 0;
adc 4, 10, $vbin;
div $vbin, 12, $volt; /
£volt=$vbin/12
ass $_bx, $frazioni; /
1° cifra dopo ","
div $volt, 10, $decine; /
ricava decine
mul 10, $decine, $tmp;
sub $tmp, $volt, $unita;
/ ricava le unità
bcd $decine, $decine_bcd,
#cc;
bcd $unita, $unita_bcd,
#cc;
bcd $frazioni, $fraz_bcd,
#cc;
if $decine, 1, #<; / se
minore di 10
put $unita_bcd, #b;
putor 128, #b; / accen-
sione "."
put $fraz_bcd, #c;
else; / se maggiore di
10
put $decine_bcd, #b;
if $frazioni, 5, #>=; /
punto (.) display B
or $unita_bcd, 128, $u-
nita_bcd;
endif;
put $unita_bcd, #c;
endif;
del 250;
```

LISTATO 17
Gestione accessi da tastiera

```
ass 15, $chr1; / codice
1° cifra
ass 15, $chr2; / " 2°
cifra
ass 15, $chr3; / " 3°
cifra
ass 15, $chr4; / " 4°
cifra
whilet;
antib $in, 00011110, #a;
if $in, 0, #1; / Ges-
tione tastiera
div 2, $in; / Shift a
destra di 1 per
add 1, $nchar; / elim-
inare il trigger
bcd $nchar, $outb, #cc; /
indicatore num.
put $outb, #b; / tasto
premuto
if $nchar, 1, #==; / con-
trollo
xor $in, $chr1, $ver1; /
codice
elseif $nchar, 2, #==; /
tasto
xor $in, $chr2, $ver2;
elseif $nchar, 3, #==;
xor $in, $chr3, $ver3;
elseif $nchar, 4, #==;
xor $in, $chr4, $ver4;
endif;
endif;
if $nchar, 4, #==; / Ver-
ifica del codice
add $ver1, $ver2, $verc1;
/ Controllo
add $ver3, $ver4, $verc2;
/ errore
add $verc1, $verc2, $ver;
/ digitazione
if $ver, 0, #>; / Veri-
fica codice:
put 01111001, #b; / er-
rore (E)
else;
put 01000000, #b; / ok
(-)
endif;
endif;
maxvar $nchar, 4, 0; /
ripetizione digitazione
wend;
```

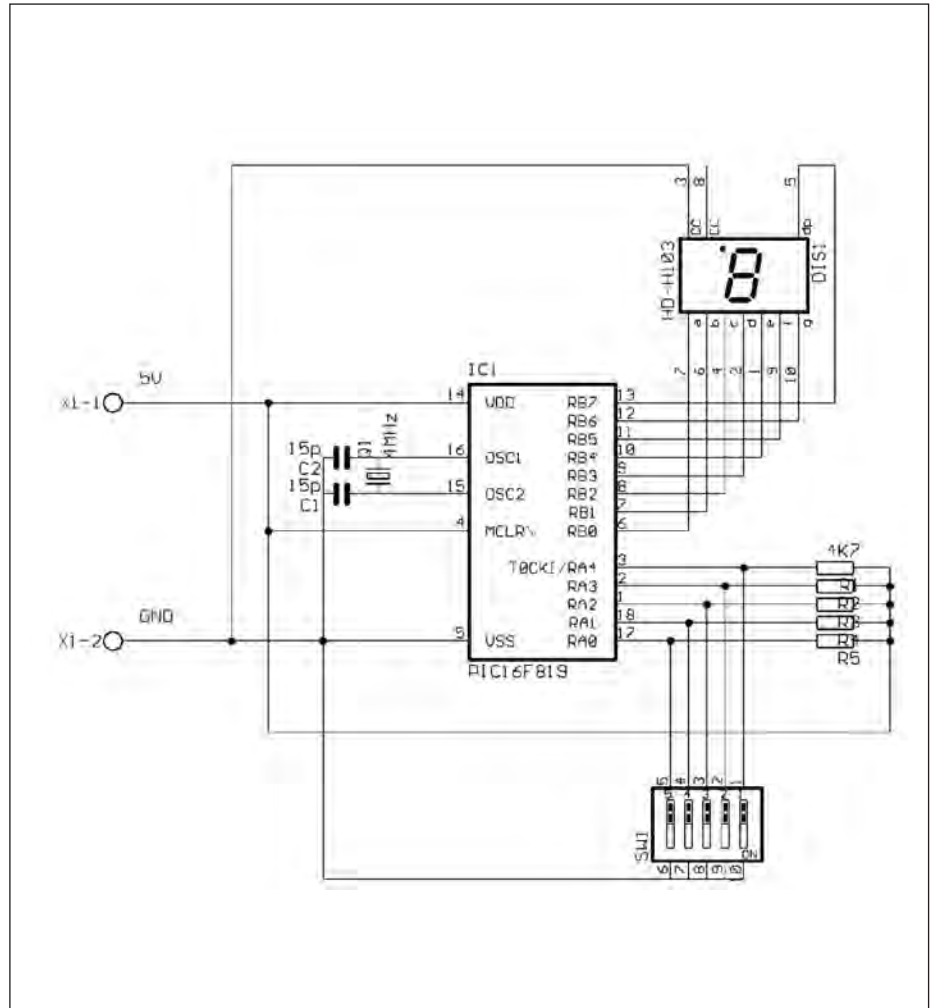



Figura 3: gestione di un display 7 segmenti

ceversa le quarta consente di spegnere tutti i LED collegati sulla porta B. Attraverso un ciclo while e una variabile contatore $i, che tiene conto della posizione del bit della porta RB, ogni LED viene acceso se il valore della variabile $adc risulta maggiore di $i*32. Il valore 32 è stato calcolato tenendo conto che il valore massimo della quantizzazione è pari a 256 mentre il numero di LED a disposizione è pari a 8. Quindi il rapporto tra 256 e 8 fornisce una risoluzione della barra luminosa di 32 livelli. Se ad esempio il valore della variabile $adc è pari a 75, nella prima iterazione del ciclo while verrà acceso il primo LED, in quanto 75 risulta maggiore di 32; nella seconda iterazione si accenderà il secondo LED dato che è maggiore di 64 (32*2); il ciclo terminerà alla terza iterazione, dato che 75 è minore di 96 (32*3).

INVIO E RICEZIONE DI DATI SERIALI

Una delle funzioni più importanti implementabili con il PIC è la comunicazione seriale RS232. Essa permette di interagire con il PC sia per la fase di ricezione che per l'invio delle informazioni. Un possibile schema circuitale in grado di stabilire una comunicazione seriale tra PC e PIC è proposto in **figura 1**. Il **listato 10** mostra come sia possibile eseguire determinate funzionalità offerte dal PIC inviando un byte attraverso una comunicazione seriale.

La prima istruzione riceve un byte dalla porta seriale memorizzandolo nella variabile $a. Successivamente la struttura di selezione if esegue le istruzioni dei vari sottoblocchi a seconda del byte ricevuto. Nel primo caso viene abilitata l'uscita

della porta RB0, nel secondo viene disabilitata e nell'ultimo caso viene inviato il byte relativo allo stato della porta B. Per l'invio del byte di selezione si ricorre all'uso del software uoscoms passando come parametri il numero di porta COM e il valore decimale da inviare:

```
C:\uos> uoscoms COM1 2
```

Viceversa, per poter leggere lo stato corrente della porta B, sarà sufficiente richiamarsi al software uoscomr dopo aver inviato il byte di selezione (valore 3):

```
C:\uos> uoscomr COM1
```

Nello specifico il byte mostrato dal comando rappresenterà lo stato corrente della porta B.

GESTIONE DOPPIO DISPLAY

Il **listato 11** mostra come utilizzare le variabili nascoste della divisione per gestire la visualizzazione di un valore a due cifre decimali (0-99) su due display a sette segmenti.

VISUALIZZATORE DI LIVELLO

Nel **listato 12** viene implementato un visualizzatore di livello che preleva il valore ADC sulla porta AN1 e mostra il risultato della conversione su una scala di 10 livelli (0-A).

Figura 4: comunicazione seriale RS232

CIRCUITO MONOSTABILE

Il **listato 13** descrive la realizzazione di un circuito monostabile che riceve un ingresso impulsivo sull'ingresso RA0 ed abilita l'uscita RB0 per un tempo prefissato.

CONTATORE DI IMPULSI

Nel **listato 14**, viene mostrato un contatore di impulsi che incrementa la variabile di conteggio ogni volta che il livello logico della porta RB0 assume valore logico basso.

TIMER CON SPEGNIMENTO AUTOMATICO

Il **listato 15** mostra come implementare un circuito a timer che disabilita un determinato apparato elettrico/elettronico non appena il tempo a disposizione si è esaurito. In questo esempio è possibile modificare il numero di ore a disposizione oltre che a interfacciare un relé sulla porta RB0 per l'attivazione (o la disattivazione)
dell'apparato da gestire. È interessante verificare come i parametri di interesse (ore, min e uscita) possano essere ripristinati con il software uosupdate dopo la disabilitazione del PIC.

VOLTMETRO CON DUE CIFRE E MEZZO

Il codice dell'esempio 16 descrive il funzionamento di un voltmetro a due cifre e mezzo, con visualizzazione su due display a sette segmenti.

GESTIONE ACCESSI DA TASTIERA

Nel **listato 17** è implementato un circuito per il controllo degli accessi da tastiera. Il firmware prevede 4 ingressi (RA1:RA4) per la gestione della tastiera a 16 caratteri e un ingresso di trigger (RA0) che funge da tasto "invio". Durante la composizione del codice segreto, verranno mostrati degli indicatori di sequenza (nel caso specifico dei
numeri a display) e successivamente verrà indicato un codice di errore ("E") o di conferma ("-").

Lo schema circuitale da adottare è quello proposto in **figura 3**. ❑

CODICE MIP 2822149.

IL convertitore AD DEL PIC

Una breve introduzione alla conversione Analogico/Digitale ed una analisi del convertitore AD del PIC: le caratteristiche, le prestazioni, i registri coinvolti e le routines di gestione della conversione.

La conversione AD è quel processo che permette la digitalizzazione di un segnale analogico affinché questo possa essere trattato da un microcontrollore come una stringa di bit. L'informazione digitale ottenuta dal processo di conversione, differisce comunque dalla controparte analogica a causa dei processi di campionamento e quantizzazione a cui quest'ultima è sottoposta. Per questo motivo è importante condizionare il segnale analogico affinché, a seguito del processo di conversione, il contenuto informativo del segnale non vada perduto.

QUANTIZZAZIONE

Per capire a fondo il problema della quantizzazione si consideri lo schema a blocchi di un sistema di conversione AD (**figura 1**) composto da un modulo Sample&Hold e dal convertitore vero e proprio. Il compito del modulo Sample&Hold è unicamente quello di campionare il segnale analogico e mantenerlo costante all'ingresso del blocco convertitore per tutta la durata della conversione. Per semplicità si supponga che l'ampiezza del segnale analogico sia compresa tra 0 e 4,095V, in questo modo si ha una corrispondenza diretta con i numeri binari compresi tra 0 e 4095 esprimibili su 12 bit. Nella **figura 1** sono riportate le varie forme d'onda nei vari punti del sistema. Il risultato della conversione (grafico C di **figura 1**) produce un numero intero compreso tra 0 e 4095 in corrispondenza di ciascuna zona piatta del grafico B della stessa **figura**. Questo risultato è sicuramente affetto da errori in quanto se ad esempio il primo campione ha ampiezza 3,01405V, questo verrà convertito nell'intero 3015. Questa è l'operazione di quantizzazione: la trasformazione di una variabile dipendente (la tensione in questo caso) da continua a discreta. Il segnale risultante è dunque dato dal segnale di ingresso (campionato) più un errore di quantizzazione che può essere al massimo di 1/2 LSB (ovvero la metà del peso del bit meno significativo) come confermato dal grafico C della **figura 1**. È interessante notare che l'effetto della quantizzazione può essere considerato (e trattato) alla stregua di un rumore random uniformemente distribuito tra ± 1/2 LSB e con deviazione standard di 0,29 LSB. Alla luce di questo modello è possibile affermare che se un segnale analogico viene digitalizzato su 8 bit (256 possibili valori), viene contemporaneamente aggiunto un rumore random rms di 0,29/256.

Dithering

Il modello appena esposto cade in difetto se l'errore di quantizzazione non può essere considerato random e ciò avviene quando il segnale analogico varia molto lentamente quindi si ha un elevato numero di campioni consecutivi dello stesso valore (si pensi ad esempio ad una temperatura o alla variazione di luminosità naturale di un ambiente). La tecnica Dithering permet te di migliorare la digitalizzazione di questo tipo di segnali aggiungendo una certa quantità di rumore al segnale da campionare. Si consideri ad esempio il segnale di **figura 2a**: il segnale analogico rimane per diverso tempo entro il range 3001-3002 per cui vi saranno molti campioni aventi lo stesso valore. Se al segnale analogico si aggiunge un rumore ran-

dom (Dithering) con una deviazione standard di 2/3LSB (come mostra la **figura 2b**) il risultato della digitalizzazione sarà quello di **figura 2c**. Ma in che modo questa tecnica migliora la digitalizzazione? Si consideri un segnale analogico costante di 3,0001V: questo produrrà una serie di campioni (si suppongano 10000 campioni) tutti di ugual valore pari a 3000. Aggiungendo il rumore Dithering e ripetendo il campionamento, si otterranno campioni di valore diverso, il 90% dei quali avrà valore 3000 ed il restante 10% avrà valore 3001. La media dei campioni ottenuti sarà quindi vicina al valore reale di 3000,1 (il vero valore che si dovrebbe ottenere idealmente dalla conversione). Ovviamente il rumore Dithering dovrà essere adeguatamente dimensionato in base alle caratteristiche del segnale per questo esistono diverse tecniche basate sulla generazione di numeri random con un calcolatore da inviare in un DAC per ottenere il rumore random voluto.

Quale frequenza?

Quale è la corretta frequenza di campionamento da utilizzare affinché sia possibile ricostruire il segnale originale a partire dai suoi campioni? È bene precisare che qualsiasi segnale destinato alla digitalizzazione deve necessariamente avere una banda limitata e questo è il motivo per cui prima del campionamento viene sempre inserito un filtro passa basso che taglia tutte le componenti frequenziali al di sopra della frequenza di taglio. Lo spettro del segnale campionato ha la forma dello spettro del segnale base, ma ripetuta ad intervalli pari al valore della frequenza di campionamento (**figura 3**). Durante il processo di ricostruzione del segnale, un nuovo filtro passa basso avrà il compito di prelevare solo una singola porzione di spettro in modo da ottenere nuovamente lo spettro del segnale di partenza. A questo punto risulta chiaro che se la frequenza di campionamento non è almeno il doppio della banda B del segnale analogico, lo spettro del segnale campionato sarà affetto dal fenomeno dell'aliasing ovvero una sovrapposizione delle code dei vari spettri come mostra la **figura 3**. È questa la sostanza del noto teorema del campionamento: per la corretta digitalizzazione di un segnale, questo dovrà essere innanzitutto limitato in una banda B ben definita, quindi campionato con una frequenza fc maggiore del doppio della banda B.

IL CONVERTITORE A/D DEL PIC

I registri coinvolti

Nel caso in cui un PIC sia equipaggiato con un convertitore AD, a questo faranno sicuramente capo più ingressi analogici selezionabili mediante un opportuno registro. L'ingresso analogico selezionato viene campionato ed inviato al convertitore che fornisce un risultato tipicamente su 10bit. Per le operazioni riguardanti la conversione sono coinvolti quattro registri

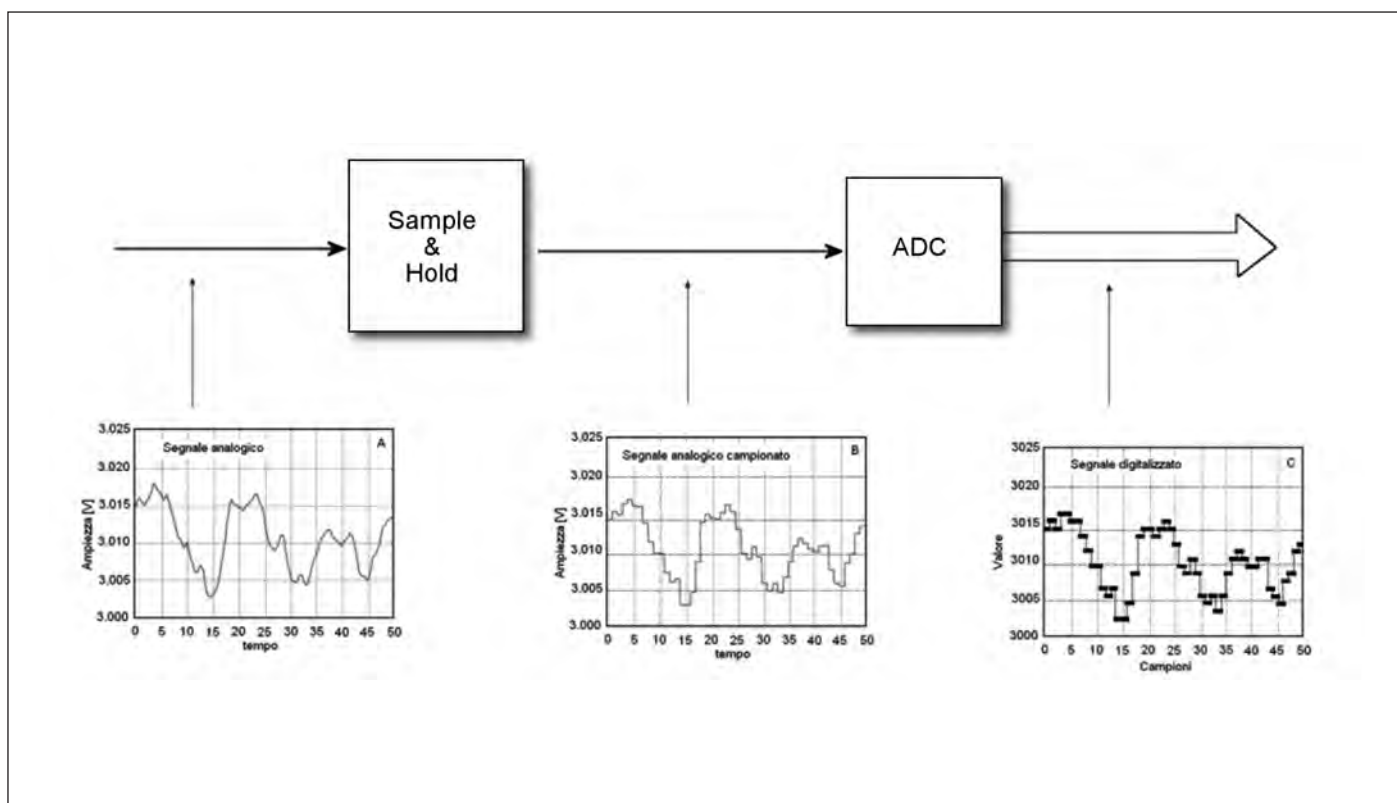



Figura 1 Schema a blocchi di un processo di digitalizzazione di un segnale analogico.

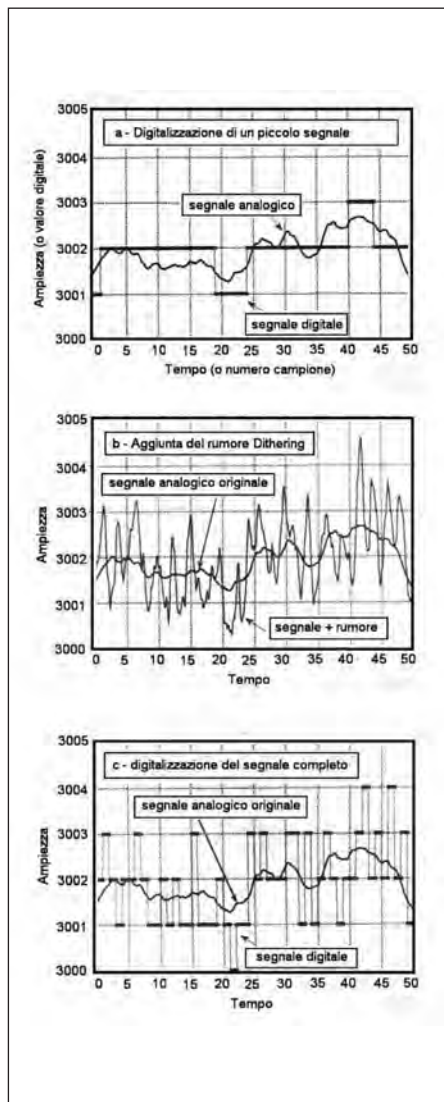



Figura 2 Tecnica Dithering.

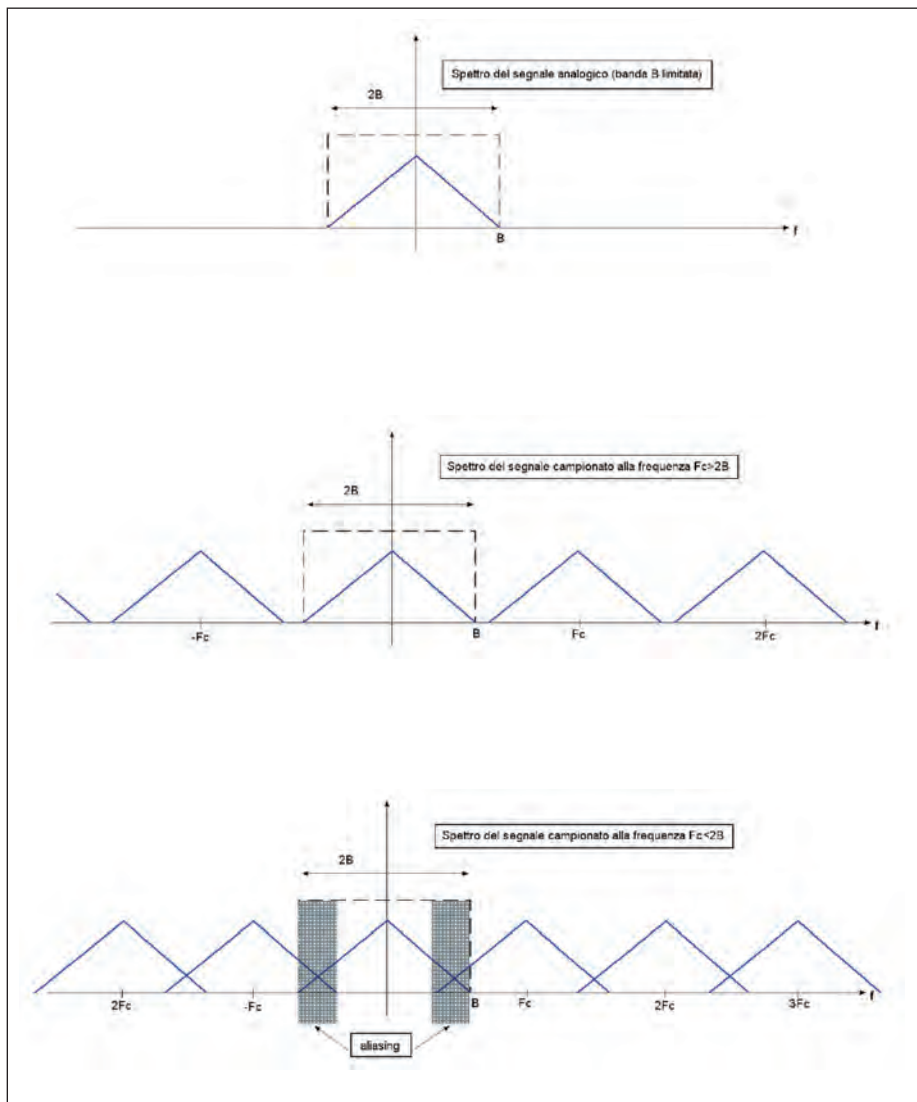



Figura 3 Il fenomeno dell'aliasing nel campionamento di un segnale.

del micro: ADCON0 e ADCON1 per le operazioni e le inizializzazioni, ADRESH e ADRESL per la memorizzazione del risultato della conversione. Eccoli descritti nel dettaglio.

ADCON0

La struttura del registro ADCON0 è illustrata in **figura 4**. Il bit 0 (ADON) consente di abilitare o meno il convertitore AD: se tale bit viene messo ad '1' il convertitore sarà attivo. Il bit 1 non è implementato, mentre il bit 2 (GO/DONE) fornisce una informazione sullo stato della conversione: se viene messo ad 1 si dà inizio alla conversione; alla fine del processo di conversione questo bit verrà riportato automaticamente a zero. I bit 3, 4 e 5 (CHS2, CHS1, CHS0) permettono di selezionare uno degli ingressi analogici disponibili in accordo con la tabella di **figura 5**. Infine i bit 6 e 7 permettono di selezionare la frequenza di lavoro del convertitore come frazione della frequenza Fosc dell'oscillatore RC interno o del quarzo esterno. In **figura 5** è riportata la tabella di configurazione per questi due bit.

ADCON1

Alcuni ingressi possono avere diverse funzioni ovvero essere ingressi digitali, analogici oppure ingressi per le tensioni di riferimento necessarie al convertitore. L'uso di tali ingressi nelle loro diverse funzioni, viene scelto in fase di inizializzazione mediante i primi 4 bit meno significativi (PCFG0:3) del registro ADCON1 in accordo alla tabella di **figura 6**. I bit 4, 5 e 6 non sono implementati mentre il bit 7 (ADFM) consente di selezionare l'allineamento del risultato nei registri ADRESH e ADRESL. Questi sono infatti due registri a 8 bit che conterranno rispettivamente la parte alta e la parte bassa del risultato, ma poiché quest'ultimo sarà su 10 bit è necessario conoscere se i 10 bit del risultato verranno allineati a

convertitori USB-seriale

compatti, performanti e convenienti

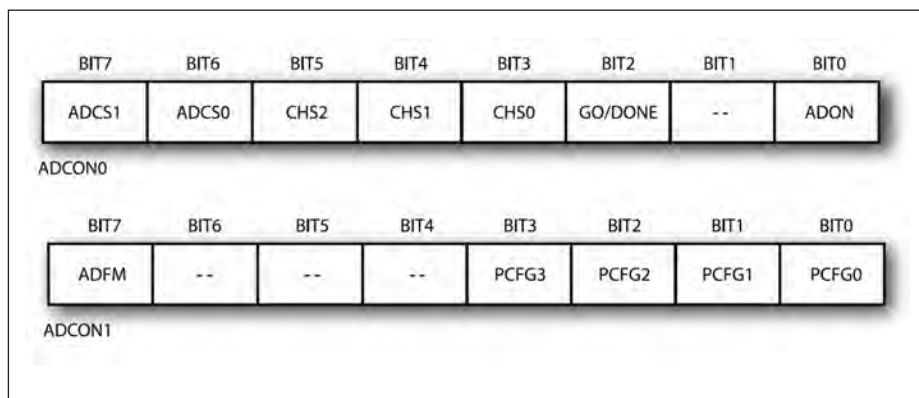



Figura 4 I registri ADCON0 e ADCON1.

SELEZIONE CLOCK		
ADCS1	ACDS0	CLOCK
0	0	Fosc/2
0	1	Fosc/8
1	0	Fosc/32
1	1	RC interno

SELEZIONE INGRESSI ANALOGICI			
CHS2	CHS1	CHS0	INGR. SELEZIONATO
0	0	0	AN0
0	0	1	AN1
0	1	0	AN2
0	1	1	AN3
1	0	0	AN4
1	0	1	AN5
1	1	0	AN6
1	1	1	AN7

Figura 5 Scelta dell'ingresso analogico e della frequenza operativa.

destra o a sinistra. Impostando ad 1 il bit ADFM il risultato verrà allineato a destra ed i 6 bit più significativi verranno letti come 0. Viceversa con ADFM a 0 il risultato sarà allineato a sinistra quindi saranno i 6 bit meno significativi ad essere letti come 0.

Gli step del processo di conversione

Per poter utilizzare il convertitore AD del PIC nei propri progetti, è necessario seguire i seguenti passi:

1. Configurare il modulo AD:
Questa operazione comporta la configurazione degli ingressi (attraverso ADCON1), la scelta di quello che sarà il canale da convertire (attraverso ADCON0), il clock di conversione (ADCON0) e l'abilitazione del convertitore (ADON su ADCON0).

2. Configurazione degli interrupts:
per ottimizzare le risorse del PIC è consigliato utilizzare il convertitore AD mediante le interruzioni in modo da poter eseguire altre operazioni in attesa che il processo di conversione sia terminato. Per questo motivo sarà necessario azzerare il flag di notifica interruzione ADIF del registro INTCON, abilitare le interruzioni per il convertitore (mettendo ad 1 il bit ADIE di INTCON) quindi abilitare le interruzioni portando ad 1 il bit GIE di INTCON.

3. Attendere il tempo di acquisizione (TACQ):
questo punto sarà approfondito in seguito.

4. Avviare la conversione:
la conversione viene avviata mediante il bit GO/DONE di ADCON0.

5. Attesa del completamento della conversione:
questa può essere fatta con un polling sul bit GO/DONE o mediante le interruzioni.

6. Leggere il risultato nella coppia di registri

ADRESH:ADRESL ed eventualmente azzerare il flag ADIF delle interruzioni.

Tempo di campionamento del segnale

Il tempo di campionamento del segnale è il tempo che passa tra la lettura dell'ingresso analogico e la presenza del risultato nei registri ADRES. Tale tempo può essere considerato composto da due parti: il tempo di acquisizione (T_{ACQ}) ed il tempo di conversione (T_{AD}). Il tempo di conversione è il tempo che il convertitore impiega per convertire il segnale acquisito nel risultato finale. Per capire il significato di T_{ACQ} occorre invece riferirsi alla **figura 7** in cui è rappresentato lo stadio di campionamento relativo ad un ingresso del PIC. La struttura è quella tipica di un Sample&Hold in cui il segnale analogico viene utilizzato per caricare il condensatore C_{HOLD} che manterrà la tensione costante per tutto il tempo di conversione. Il tempo di acquisizione è composto da tre parti: il tempo T_{AMP} di predisposizione degli amplificatori interni (questo tempo è costante e pari a 2ms), il tempo T_C di carica del condensatore C_{HOLD} ed un tempo T_{COFF} che tiene conto della temperatura alla quale sta operando il componente (valore significativo se la temperatura supera i 25°C e dato da

PCFG	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-
0000	Analog	Analog	Analog	Analog	Analog	Analog	Analog	Analog	Vdd	Vss
0001	Analog	Analog	Analog	Analog	Vref+	Analog	Analog	Analog	AN3	Vss
0010	Digital	Digital	Digital	Analog	Analog	Analog	Analog	Analog	Vdd	Vss
0011	Digital	Digital	Digital	Analog	Vref+	Analog	Analog	Analog	AN3	Vss
0100	Digital	Digital	Digital	Digital	Analog	Digital	Analog	Analog	Vdd	Vss
0101	Digital	Digital	Digital	Digital	Vref+	Digital	Analog	Analog	AN3	Vss
0110	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	-	-
0111	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	-	-
1000	Analog	Analog	Analog	Analog	Vref+	Vref-	Analog	Analog	AN3	AN2
1001	Digital	Digital	Analog	Analog	Analog	Analog	Analog	Analog	Vdd	Vss
1010	Digital	Digital	Analog	Analog	Vref+	Analog	Analog	Analog	AN3	Vss
1011	Digital	Digital	Analog	Analog	Vref+	Vref-	Analog	Analog	AN3	AN2
1100	Digital	Digital	Digital	Analog	Vref+	Vref-	Analog	Analog	AN3	AN2
1101	Digital	Digital	Digital	Digital	Vref+	Vref-	Analog	Analog	AN3	AN2
1110	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Analog	Vdd	Vss
1111	Digital	Digital	Digital	Digital	Vref+	Vref-	Digital	Analog	AN3	AN2

Figura 6 Configurazione degli ingressi.

LISTATO 1

```
BSF STATUS, RP0 ;Selezione del bank1
CLRF ADCON1 ;abilita tutti gli ingressi analogici
;imposta Vss e Vdd come tensioni di riferimento
;imposta l’allineamento del risultato a sinistra
BSF PIE1, ADIE ;abilita le interruzioni per il convertitore AD
BCF STATUS, RP0 ;selezione bank0
MOVLW 11000001
MOVWF ADCON0 ;Clock RC interno
;accensione del convertitore (ADON=1)
;selezione del canale AN0
BCF PIR1, ADIF ;azzeramento del flag interrupt del convertitore
BSF INTCON, PEIE ;abilitazione delle interruzioni per le periferiche
BSF INTCON, GEIE ;abilitazione delle interruzioni
;Prima di avviare la conversione si deve attendere il tempo di acquisizione
BSF ADCON0, GO ;avvio della conversione
;quando la conversione è completa si riceverà una interruzione.
```

LISTATO 2

```
HexToAscii
movwf HexTemp ;salvataggio di W
andlw 0x0F ;azzeramento dei 4 bit più significativi
sublw 0x09 ;elaborazione della cifra meno significativa
movf HexTemp, w
andlw 0x0F
btfss STATUS, C
addlw 7
addlw 0x30 ;ottenimento del codice ASCII
movwf Hta_L ;salvataggio del risultato
swapf HexTemp, w ;inizio elaborazione cifra più signi-
ficativa
andlw 0x0F
sublw 0x09
swapf HexTemp, w
andlw 0x0F
btfss STATUS, C
addlw 7
addlw 0x30
movwf Hta_H ;salvataggio del risultato
return
```

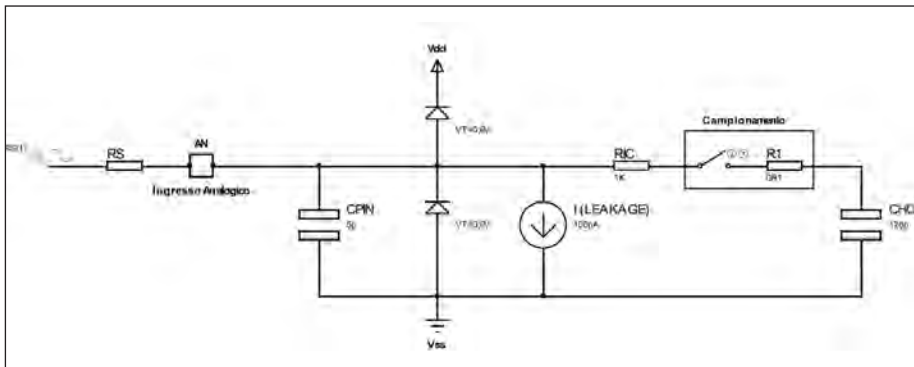



Figura 7 Struttura dello stadio di campionamento di un ingresso analogico.

(T-25) > 0,05 dove T è la temperatura in °C). Poiché il condensatore si carica attraverso la resistenza interna della sorgente (Rs), la resistenza R_{IC} (tipicamente 1Ko) e la resistenza R1 dello switch di campionamento (dipendente dalla tensione di alimentazione), T_C è dato da $-C_{HOLD}(R_{IC}+R1+Rs)\ln(1/2047)$.

Uso del convertitore: una routine assembler

Come esempio pratico di uso del convertitore AD di un PIC (si consideri un PIC generico – le istruzioni sono le stesse), ecco una routine assembler che permette la configurazione e la gestione del convertitore AD. Nello specifico la routine riportata nel **listato 1** abilita tutti gli ingressi analogici e seleziona le tensioni di alimentazione come tensioni di riferimento (Vdd e Vss) oltre ad abilitare le interruzioni. Si noti come nell'inizializzazione di ADCON0 non sia stata avviata la conversione (GO/DONE=0) ma solamente abilitato il convertitore. Questo è fondamentale per assicurare che la conversione inizi solo dopo il tempo di acquisizione. Se durante la conversione viene forzato a zero il bit GO di ADCON0, la conversione viene interrotta e nei registri risultato viene mantenuto l'ultimo valore valido calcolato (ovvero il risultato della conversione precedente).

Qualcosa di utile

Una volta effettuata la conversione AD, si presenta spesso la necessità di visualizzare il risultato su un display alfanumerico o inviarlo via seriale ad una periferica remota. In questi casi è dunque necessario convertire il risultato ottenuto in una sequenza di caratteri ASCII. Ad esempio un risultato binario pari a 00001101 verrà convertito nelle cifre ASCII '1' e '3'. Per fare questo nel **listato 2** è riportata una routine che interpreta il contenuto di W come un intero in forma esadecimale e lo converte nelle rispettive cifre ASCII. Le due cifre risultanti verranno posizionate nei registri Hta_L ed Hta_H.ù

CONCLUSIONI

Se si intende utilizzare il convertitore AD per monitorare il livello della tensione di alimentazione, sarà sicuramente un errore utilizzare la stessa tensione come riferimento. Questo perché qualora la tensione di alimentazione diminuisse, la tensione di riferimento farebbe lo stesso falsando così il risultato dell'operazione di conversione. Per ovviare al problema occorrerà quindi ricavare la tensione di riferimento in modo che questa sia indipendente dall'alimentazione (usando ad esempio un diodo zener o un regolatore integrato) quindi inviare all'ingresso del convertitore una partizione della tensione di alimentazione stessa. In questo modo anche se l'alimentazione varia, la tensione di riferimento rimane fissa consentendo il corretto svolgimento dell'operazione di conversione. ❑

CODICE MIP 2822289

Periferiche di visualizzazione a DIGIT

Interfacciamento dei processori (settima puntata)

Le periferiche di visualizzazione sono composte da uno o più componenti opto elettronici, molto frequentemente del tipo "a 7 segmenti": oggetti indispensabili per consentire ai nostri processori di rendere accessibili con numeri (digit) decimali le loro informazioni binarie.

Una delle più importanti esigenze del progetto digitale è quella di proporre le informazioni in modo diretto; in questo aiuta molto la disponibilità di una o più batterie di 8 LED: costa poco ed è immediatamente interpretabile, per localizzare e documentare lo stato di uno o più oggetti controllabili dal processore ... ma i numeri sono un'altra cosa!
Per questo da lungo tempo sono stati creati i visualizzatori (display) ad una o più cifre (digit = numero); ricordo ancora l'effetto che mi fecero quelli strani ed affascinanti "contatori", proposti dal cinema all'inizio degli anni sessanta con i primi films di James Bond: improbabili tubi di vetro, piccole valvole con catodi a forma di numero, posti uno dietro l'altro; l'alone luminoso generato dalla scarica sul gas in essi contenuto rimbalzava avanti e indietro, illuminando di rosso la cifra coinvolta, in una danza mai vista prima..
A quei tempi risale il germe della mia (.. nostra?) malattia, esplosa in tutta la sua virulenza qualche anno dopo: il mio primo progetto fu proprio un "orologio con i secondi", un vero lusso per quei tempi, con le sue sei Nixie fiammeggianti, introdotte sul mercato qualche anno prima dalla americana Burroughs Corporation.
Oggi non esiste nulla che non porti uno straccio di display, e i nostri progetti con microcontrollori non possono essere da meno; sebbene ne esistano di diversa natura tecnologica, i più pratici ed economici sono certamente quelli allo stato solido, sostanzialmente a LED, ben lontani dalle pressanti (e potenzialmente pericolose) esigenze delle Nixie che, per l'accensione delle cifre, richiedevano una tensione continua di circa 170V tra griglia/anodo e catodi.

Figura 1: Alcuni modelli di Digit a 7 segmenti della Avago Technologies.

Il mercato offre una vasta gamma di modelli per questa periferica optoelettronica, diversi per dimensione e/o per colore dei led; di solito il progettista si limita a sceglierе in funzione della sua forma estetica o delle proprie necessità d'ingombro, non curandosi (come invece succede per altri componenti) di conoscere il suo produttore: per questa ragione le sigle dei digit sono sostanzialmente irrilevanti. La **figura 1** ne mostra alcune tra quelle dei digit prodotti dalla AVAGO TECHNOLOGIES.
Solitamente contengono 8 led: sette sono chiamati ad illuminare altrettante piccole guide ottiche (segmenti) disposte in modo da formare la cifra "8", leggermente inclinata verso destra; l'ottavo è utilizzato per gestire il punto decimale (Decimal Point), posto a destra del numero; talvolta è disponibile anche un nono led, per offrire un punto decimale anche a sinistra.
Il contenuto del componente è però decisamente sorprendente: a) lo strato più basso è, spesso, una piccola schedina di vetronite (della dimensione del componente, **figura 2a**) sulla quale si notano (a fatica) 8 minuscoli puntini di un certo spessore, collegati tra loro da sottili piste che partono e arrivano ai piedini di metallo, posti su due lati opposti; naturalmente si tratta di un piccolo deposito di semiconduttore fotoemettente (di solito arseniuro o fosfuro di gallio), ben lungi dall'essere quello che ci si aspetta di trovare. Sottoponendola, con attenzione, alla corretta differenza di potenziale, la piccola massa si accende, di solito con un'intensità luminosa decisamente deludente; b) subito sopra si appoggia un parallelepipedo di plastica opaca, di superficie uguale a quella della schedina e alto 3 o 4 mm (**figura 2b**); in esso sono incisi dei

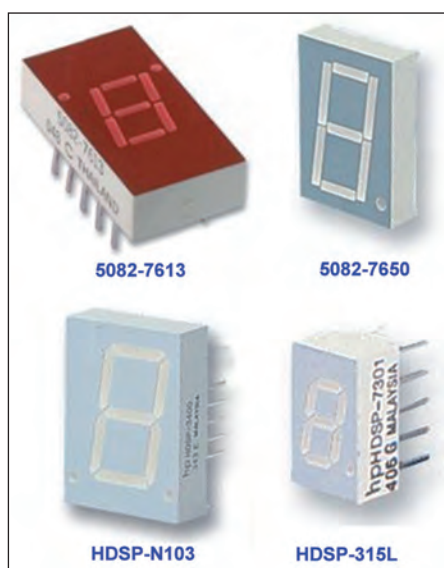
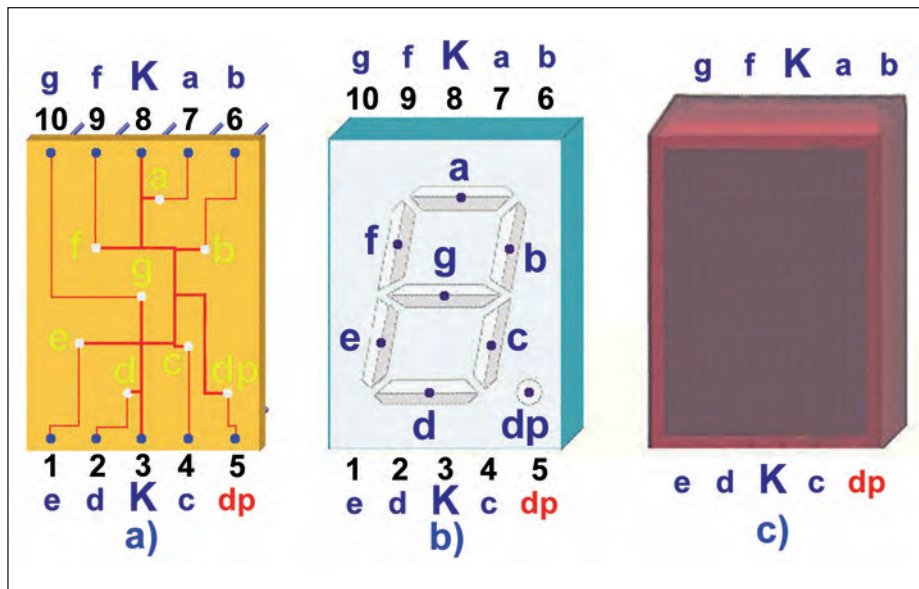



Figura 2: Single Digit Numeric Display: Struttura.

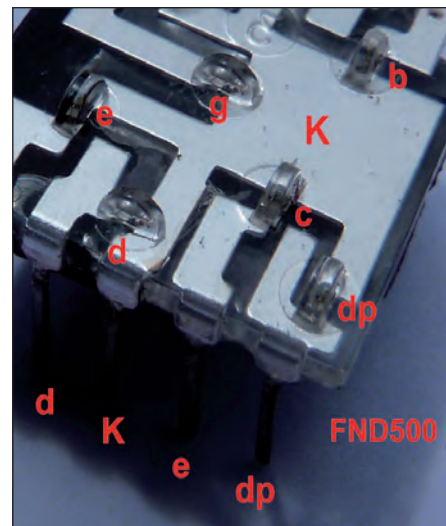



Figura 5: Single Digit Numeric Display FND500/FND507: dettaglio Hardware.

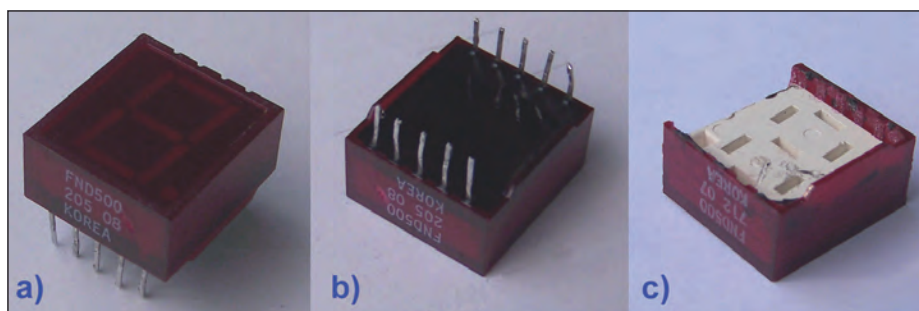



Figura 3: Single Digit Numeric Display FND500/FND507.

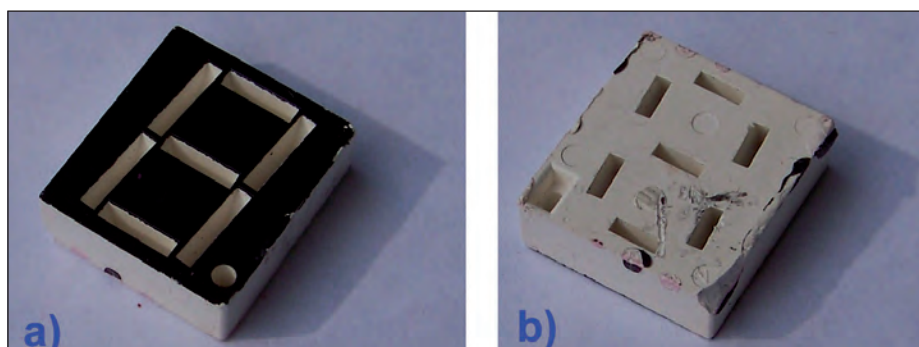



Figura 4: Single Digit Numeric Display FND500/FND507: dettaglio Hardware.

piccoli solchi a sezione triangolare, non di rado con le pareti "a specchio" e un piccolo foro al centro, nel quale verrà ospitato esattamente il semiconduttore; applicando di nuovo la corretta tensione, la piccola luce tende a riflettersi in tutta la dimensione del solco, senza ancora particolare visibilità; c) l'ultimo elemento del componente (**figura 2c**) è una scatolina di plastica trasparente rossa, chiamata a contenere le due parti precedenti; il suo compito però non si limita a questo: la superficie interna del suo fondo è coperta di minuscole piramidi a sezione quadrata, in pratica un catarifrangente come quelli delle luci posteriori dei nostri veicoli. Poiché la sua arte è quella di riflettere la luce nella stessa direzione da cui è scaturita, le infinite riflessioni sulla sottostante guida ottica riflettente si estendono in un attimo a tutta la dimensione del solco, integrando e filtrando la luce e facendole assumere la dignità di segmento.

La **figura 2** mette in evidenza anche un concetto fondamentale nell'utilizzo dei digit: la convenzione che assegna a ciascun segmento una ben precisa lettera, dalla "a" alla "f" in senso orario a partire dall'alto, con la "g" in posizione centrale. Uno dei più diffusi digit sul mercato è il FDN500 della Fairchild (**figura 3a**): esso rispetta la logica costruttiva appena descritta ma offre una soluzione tecnologica più pregiata: ora la schedina di vetronite è sostituita da un agglomerato di plastica nera (della stessa dimensione, **figura 3b**) nella quale è affogata una serie di robusti lamierini sagomati con la forma dei collegamenti interni, in parte terminati con i dieci piedini da esso emergenti, ovviamente ad angolo retto, rispetto ai collegamenti stessi; in **figura 3c** si vede quello che resta del componente dopo l'asportazione della lacca nera; in particolare si nota la guida ottica centrale, molto più spartana di quella descritta in preceden-

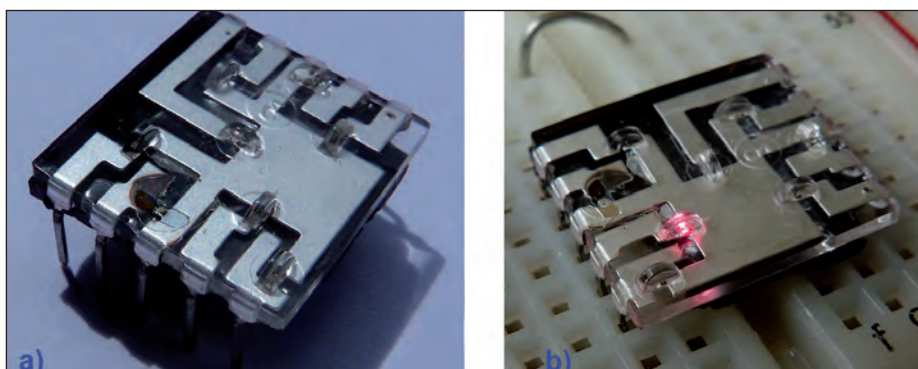



Figura 6: Single Digit Numeric Display FND500/FND507: dettaglio Hardware.

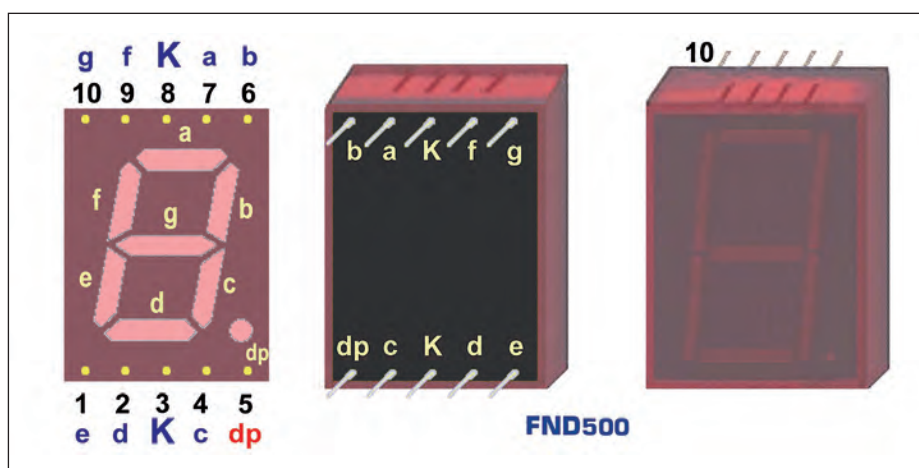



Figura 7: Single Digit Numeric Display FND500: pinout.

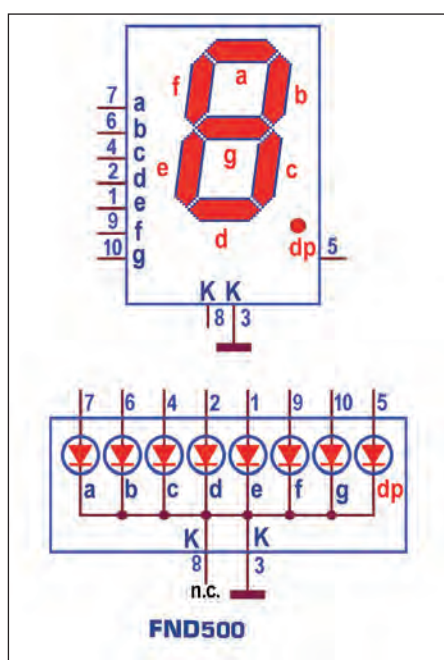



Figura 8: Single Digit Numeric Display FND500: schema pratico e schema funzionale.

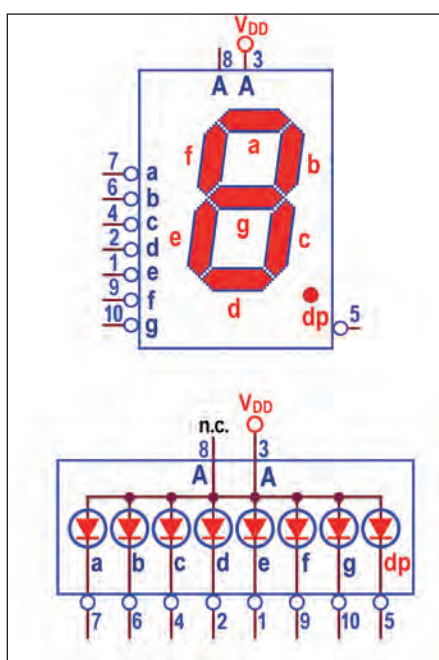



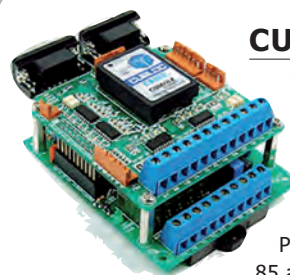
Figura 9: Single Digit Numeric Display FND507: schema pratico e schema funzionale.

za: da un lato (**figura 4b**) sono visibili delle fessure 3x1 mm (che, come vedremo, ospiteranno dei minuscoli led, di misura leggermente inferiore, presenti internamente) e dal lato opposto (**figura 4a**) porta le fessure alla dimensione finale di ciascun segmento, 6x1,5 mm.
Il dettaglio fotografico di **figura 5** mostra l'angolo in basso a destra della resina nera, appena staccata dalla sua sede: si distinguono quattro lamierini che (sul lato inferiore) continuano verso l'esterno sottoforma di piedini (pin5 = decimal point, pin4 = segmento c, pin3 = catodo, pin2 = segmento d); il più grande è ovviamente quello associato al catodo comune K e, da esso verso gli altri, si notano i microled relativi agli elementi del digit appena citati; a dispetto di quando detto in precedenza ciascuno degli 8 elementi fotoemittenti è ora fisicamente un piccolo oggetto di forma simile ad un mezzo disco di plastica trasparente, di 2 mm di diametro e spesso meno di un millimetro (una misura perfettamente adatta ad essere ospitata nelle fessure della guida ottica), col chiaro compito di fare da lente al semiconduttore, posto esattamente al centro della sua base.
L'effetto lente garantito dalla struttura dei microled rende inutile la presenza del catarifrangente sulla superficie interna dell'involucro di plastica rossa, che risulta pertanto liscio e trasparente, mantenendo comunque il compito di esaltare la componente rossa della luce emessa, e garantendo, in fine, un eccellente risultato; la **figura 6a** mostra nella sua interezza il digit FND500, privo dell'involucro e della guida ottica, e la **figura 6b** propone lo stesso elemento su breadboard, con il suo segmento c acceso.
Uno dei problemi più sentiti, quando si montano questi dispositivi è quello di ricordare la piedinatura; la **figura 7** mostra quella del digit FND500, sottolineano anche la curiosa disposizione delle lettere sulla sua periferia, solo apparentemente illogica: si tratta della sequenza che garantisce il collegamento a ciascuno dei led interni con il percorso più breve possibile, come si può facilmente verificare osservando i dettagli proposti in **Figura 6**; non di rado questa piedinatura è mantenuta inalterata anche su modelli di altri produttori.

Utente anonimo Login...
Il tuo carrello è vuoto

CB210

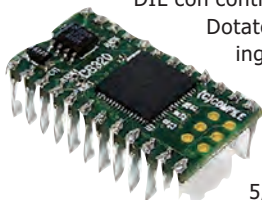
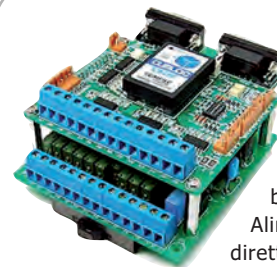
Il nuovo modulo CB210 è appena disponibile. Combina un controller CUBLOC con un convertitore USV-RS232 su un PCB di facile utilizzo. Basato su ATmega128, ha 80KB di FLASH, 20 linee I/O e convertitore AD.

€ 39,00 Info

CUSB-14R

PLC basato su CB280 con 9 ingressi optoisolati e 6 uscite a relè. Ha 6 canali analogici e 6 uscite PWM. Alimentabile da 85 a 264VAC.

€95,00 Info

CB320

Modulo core Cubloc Basic a 24 pin DIL con controller Ladder Logic. Dotato di 16 linee I/O, 8 ingressi analogici, 3 uscite PWM e 1 timer programmabile. Alimentazione 5/12V.

€ 48,00 Info

CUSB-22R

Sistema di controllo integrato a 11 ingressi optoisolati e 11 uscite a relè basato su CB280. Alimentabile direttamente con la tensione di rete è dotato di 6 ingressi analogici.

€ 149,00 Info

CB400

Modulo core Cubloc Basic con controller Ladder Logic. Dotato di 83 linee I/O 16 ingressi analogici, 12 uscite PWM e 1 timer programmabile.

€ 59,00 Info

CUSB-36R

CuSB-36R è un PLC basato su CB280 provvisto di 16 uscite a relè, 16 ingressi digitali, due uscite e due ingressi analogici.

€ 165,00 Info

I prezzi si intendono IVA esclusa

Micro PLC programmabili in Basic e in Ladder logic

COMFILE TECHNOLOGY

www.elettroshop.com

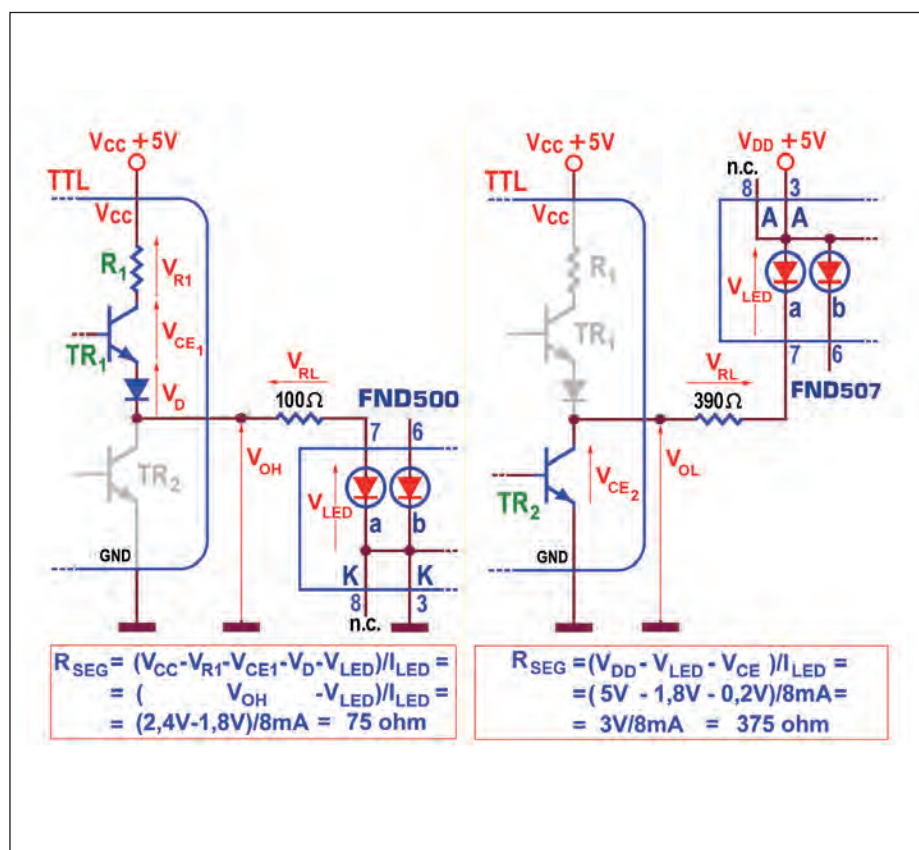



Figura 10: Controllo di un Digit FND500/FND507 in uscita ad un dispositivo programmabile.

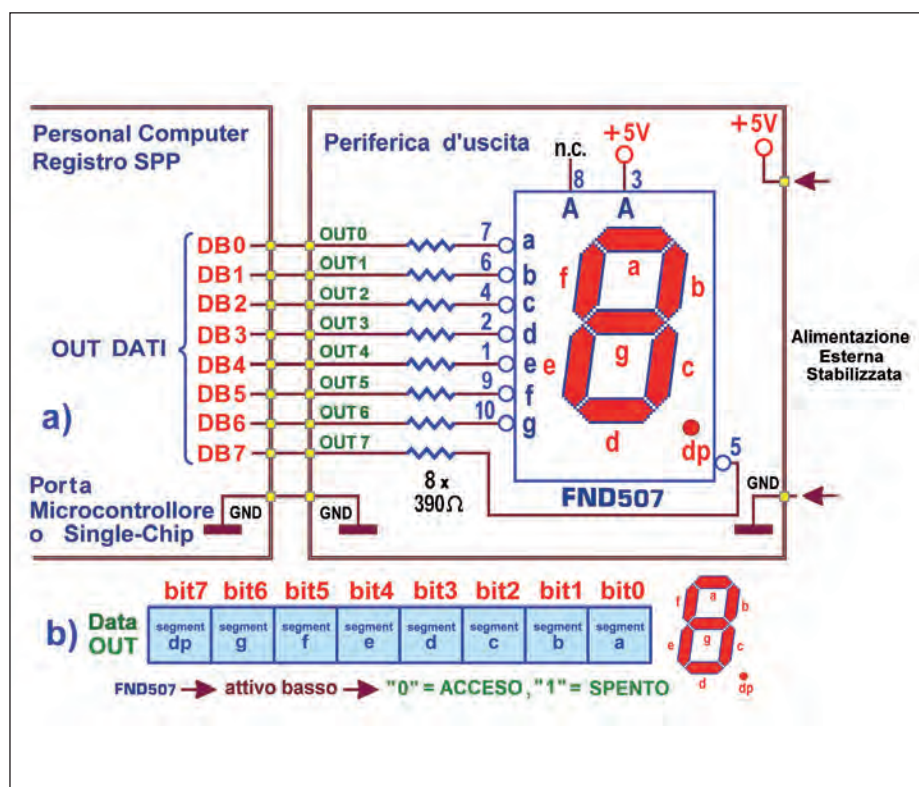



Figura 11: Numeric Common Anode Display FND507: controllo attivo basso.

Data la simmetria del suo contenitore, quando lo utilizziamo realmente può tornare utile sottolineare la presenza (in uno dei suoi due lati corti) di quattro visibilissime tacchete (**figura 7**): il pin10 di questo componente è il primo a sinistra, visto da sopra, rispetto a questo lato; chi dispone di buona vista può arrivare alla stessa conclusione anche individuando il puntino decimale, nell'angolo in basso a destra.

I digit a Led sono sempre disponibili in due forme funzionali alternative, dette a catodo comune e ad anodo comune; la **figura 7**, relativa ai digit a catodo comune (come il FND500), mantiene la sua validità anche per quelli ad anodo comune (come il FND507), sostituendo semplicemente (sui pin 3 e 8) la lettera K con la lettera A; anche la disponibilità di 2 catodi (o di 2 anodi) non deve stupire: nella creazione di circuiti stampati con molti digit, poter disporre di 2 possibilità, di qua o aldilà di numerose fasce di piste, è certamente un vantaggio.Lo schema pratico e lo schema funzionale per quelli del primo tipo (FND500) è mostrato dalla **figura 8** mentre la Figura 9 si occupa di quelli del secondo tipo (FND507).

Come semiconduttore i digit FDN500) /FDN507 utilizzano l'Arseniuro Fosfuro di Gallio (GaAsP, quindi a luce rossa); in normali condizioni d'uso ciascuno dei suoi 8 led assorbe 20mA con tensione tipica ai suoi capi di 1,7V (25mA massimi con tensione applicata di 2V, pari a 400mW di dissipazione massima); sono oggetti dal consumo decisamente impegnativo!

Sappiamo che la tecnologia TTL delle porte d'uscita (in un microcontrollore) o della porta parallela (nel personal computer) è comunque in grado di supportare questa periferica; dopotutto le problematiche sono le stesse di quelle relative ad una batteria di 8 led, trattata nella puntata precedente.

La situazione migliore consiglia l'impiego di digit ad anodo comune (come il FND507), i segmenti del quale si possono accendere forzando a livello basso (0 logico) le linee collegate ai catodi dei rispettivi led: a) il valore della tensione VOL presente su di esse è comunque quasi nullo (coincide con la tensione VCE di saturazione del suo transistor finale, TR2, mai superiore ai 0,3V) e sono sostanzialmente in grado di assorbire senza danno la

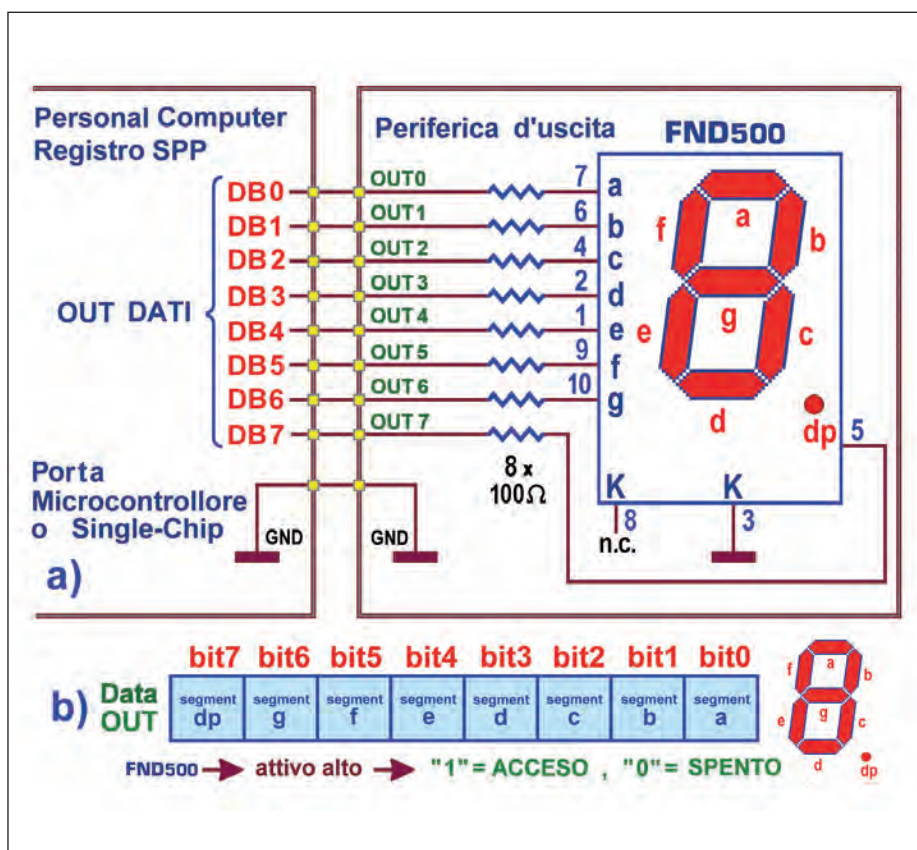



Figura 12: Numeric Common Catode Display FND500: controllo attivo alto.

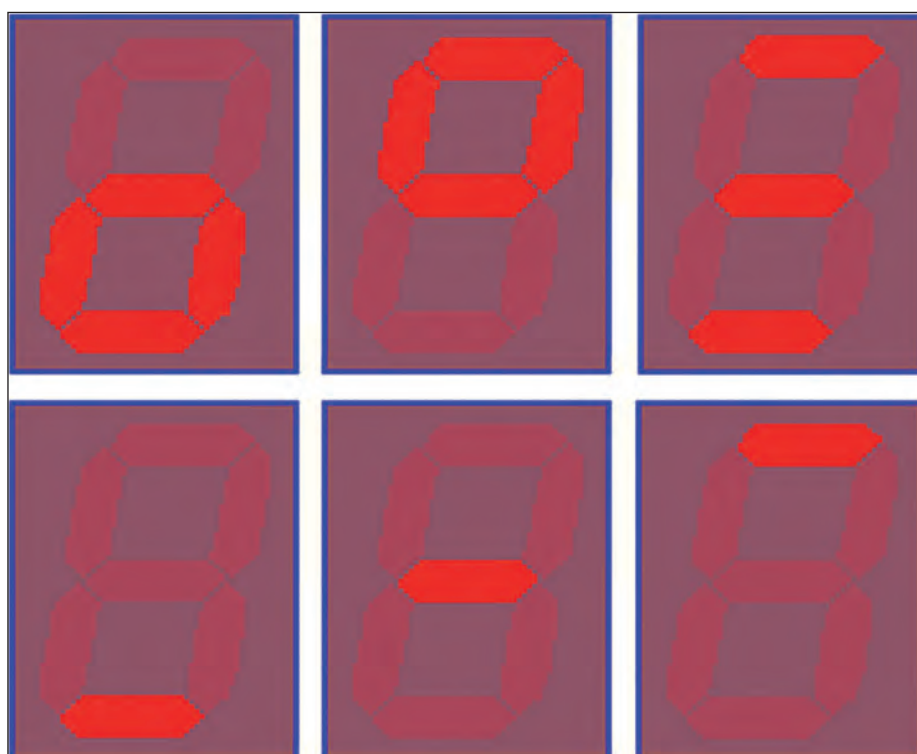



Figura 13: Single Digit Numeric Display: combinazioni particolari di segmenti.

corrente richiesta (dell'ordine dei mA); b) va sottolineato che, in questo caso, è necessario disporre di un alimentatore esterno, la cui tensione VDD può anche essere diversa da quella VCC=5V tipicamente usata per la logica integrata TTL .. e, talvolta, questo può essere un vantaggio; c) è comunque necessario dotare ogni segmento di un resistore di limitazione: il valore della resistenza è facilmente calcolabile a partire da quello della caduta ai suoi capi, al netto della VLED (come detto 1,8V) e della tensione VDD; in concreto, con VDD=VCC=5V il valore ottenuto è di 375 ohm, normalizzato al valore di 390 ohm, che passerà a 1262 ohm (normalizzato a 1,2 Kohm) con VDD=12V.

Logicamente meno coerente è l'impiego di digit a catodo comune (come il FND500); in questo contesto le uscite del dispositivo di controllo sono forzate a livello alto (1 logico) per fornire agli anodi dei rispettivi led l'energia necessaria per accenderli; in condizioni normali la tensione VOH non dovrebbe scendere sotto i 2,4V (il valore limite minimo standard perché venga ritenuta un 1 logico, garantito solo fino ad un carico massimo di 0,4mA): a) in realtà queste linee sono costrette ad erogare una corrente di sicuro più grande, per cui (a causa della maggiore caduta di tensione interna) il valore della VOH sarà difficilmente prevedibile, ma certamente minore dei tipici 2,4V e vicino a quella del diodo LED rosso in normale conduzione, da 1,7V in su; b) in queste condizioni risulta difficile anche il calcolo del valore del resistore che potrebbe anche non essere necessario, ma che per buona etica non faremo mancare, fissando la sua resistenza a 100 ohm, probabilmente anche troppo elevata; c) nonostante la precarietà delle condizioni di calcolo questa soluzione è spesso preferita all'altra, perché non richiede la presenza di un'alimentazione esterna, obbligando peraltro il dispositivo programmabile a sopperire .. erogando corrente a suo vantaggio.

La **figura 10** riassume la situazione elettrica nei due casi, suggerendo il valore della resistenza da affidare al resistore di limitazione da mettere in serie a ciascuno degli 8 LED allocati dentro il digit; va tenuto presente che l'utilizzo diretto di un digit (cioè senza strato di interfaccia) è legittimo ma non molto ragionevole: se si

	digit FND507 ad anodo comune	digit FND500 a catodo comune
0	11000000 = C0H	00111111 = 3FH
1	11111001 = F9H	00000110 = 06H
2	10100100 = A4H	01011011 = 5BH
3	10110000 = B0H	01001111 = 4FH
4	10011001 = 99H	01100110 = 66H
5	10010010 = 92H	01101101 = 6DH
6	10000010 = 82H	01111101 = 7DH
7	10000111 = 87H	01111000 = 78H
8	10000000 = 80H	01111111 = 7FH
9	10010000 = 90H	01101111 = 6FH
A	10001000 = 88H	01110111 = 77H
b	10000011 = 83H	01111100 = 7CH
C	10100111 = A7H	01011000 = 58H
d	10100001 = A1H	01011110 = 5EH
E	10000110 = 86H	01111001 = 79H
F	10001110 = 8EH	01110001 = 71H

Figura 14: Tabelle di conversione per Display FND507 e Display FND500.

"brucia" anche solo uno dei led interni tutto il componente è da buttare.. Meglio associarlo a dispositivi specializzati in grado di garantirgli le corrette condizioni di carico, sostanzialmente quelle di una batteria di 8 led, alla quali ci si può tranquillamente ricondurre.

La **figura 11** mostra lo schema necessario per collegare direttamente un FND507 (ad anodo comune, alimentato esternamente con VDD=5V) ad una delle porte di un microcontrollore (ovviamente programmata in uscita) o ai piedini (dal pin 2 al pin 9) del connettore DB-25 della porta parallela di un PC (se si desidera affidarne il controllo al suo Registro d'uscita 0378H/0278H, con riferimento allo standard SPP, Standard Parallel Port); in entrambi i casi le linee vanno usate con estrema cura, eseguendo il collaudo in un tempo adeguato, controllando con pazienza i collegamenti che interessano i piedini coinvolti, e ricordando di garantire il collegamento tra la linea di massa interna e quella dell'alimentatore esterno.

La **figura 11b** mostra la Tabella di Associazione Logica: il suo contenuto propone la configurazione del byte da porre sulla porta d'uscita, specificando (per ciascuno dei suoi 8 bit) sia il livello attivo che l'oggetto ad esso associato; questa disponibilità consente di disporre immediatamente e sinteticamente di ogni dettaglio utile alla creazione del programma di gestione, senza dover analizzare lo schema elettronico ad essa relativo, anche se la persona chiamata a progettare il codice non è la stessa che ha progettato il circuito, virtualizzando di fatto la periferica. Di norma è consigliabile indicare anche il numero binario xywzH dell'indirizzo non ambiguo relativo alla periferica da controllare, che dipende dal tipo di controllore utilizzato; nell'esempio proposto esso è lasciato generico ("Data OUT") ma, nel caso della porta parallela di un PC, esso sarà "OUT [0378H]".

La **figura 12** riassume ogni considerazione precedente nel caso del collegamento diretto di un FND500 (a catodo comune); il problema sollevato dalla gestione non ottimale intrinseca nel controllo con uscite attive alte suggerisce di "bufferizzare" ciascuna delle uscite, cioè farle seguire da un dispositivo (driver) in grado di garantire la corrente necessaria ai led del digit senza "caricarle" oltre misura; ci sono numerosi modi per fare questa operazione, ma la cosa si può risolvere anche con un semplice transistor che, funzionando da amplificatore di corrente invertente, richiederà però l'uso di un FDN507 invece del FDN500.

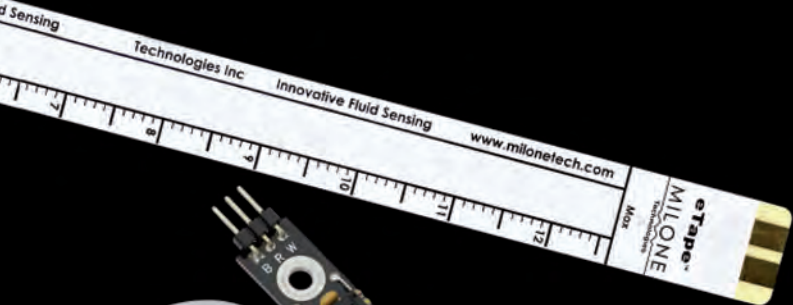
In conclusione, il compito di un digit è quello di tradurre un'informazione binaria (fornita da una logica booleana o da un processore) in una simbolica, adatta alla sensibilità umana, accendendo la formazione dei 7 segmenti in modo da produrre una delle 10 cifre del sistema di numerazione decimale; da molto tempo questo compito è stato affidato ad un Decoder, una macchina combinatoria in grado di accettare in ingresso un codice binario a 4 bit e di rendere disponibili in uscita sette linee logiche adatte a controllare lo stato (acceso o spento) di altrettanti led; di essa ci occuperemo in altra occasione.

Tuttavia, il collegamento diretto di un digit sulle porte d'uscita (magari con uno strato di bufferizzazione) è per certi versi più versatile, assicurando il vantaggio del controllo assoluto sui caratteri proponibili su di esso: con opportune combinazioni di bit attivi è possibile imporre qualunque

simbolo, non solo numerico, .. anche quasi tutte le lettere e numerosi simboli utili, consentendo perfino di tenere spento il digit (cosa non sempre possibile con gli integrati specializzati).

La **figura 13** mostra alcune di queste combinazioni di segmenti che, sebbene non strettamente necessarie, possono rivelarsi molto utili per fornire particolari segnalazioni, come allarmi o segnali di attesa e non saranno disponibili con altre soluzioni. Questa soluzione impone però un piccolo sforzo in più, obbligandoci ad occuparci del compito assolto (per altro solo per la parte numerica) dei decoder integrati: trasformare ogni simbolo desiderato nella corrispondente codifica a 8 bit; si tratta di un problema tipicamente software, facilmente risolvibile con una tabella di conversione da includere nel programma sorgente e in grado di aprire scenari di visualizzazione senza limiti, del tutto impraticabili con l'impiego dei decoder tradizionali.

La **figura 14** mostra i valori dei bytes da includere (con DB, Define Byte) nella tabella di conversione richiesta da un progetto con FND500 e/o FND507; da notare che il bit più significativo (bit7) di tutte le combinazioni è sempre disattivo, essendo associato al Decimal Point, di solito non coinvolto nella visualizzazione; ma all'occorrenza può essere facilmente riattivato con una semplice operazione logica (AND o OR) su ognuno dei bytes della tabella.

La tabella si limita a mostrare le codifiche relative ai simboli del sistema di numerazione esadecimale (da 0 a F), ma può essere integrata con qualunque alta combinazione; ad esempio con quelle che consentono di spegnere (blanking) il digit: con 11111111 = FFH, in logica attiva bassa (FND507), e 00000000 = 00H, in logica attiva alta (FND500). ❑

CODICE MIP 2822197

di MARCO CARMINATI

Accelerometri MEMS

I sensori rappresentano un elemento cruciale di molti sistemi elettronici costituendo l'interfaccia di ingresso tra il mondo esterno ed il dominio dei segnali elettrici. Inauguriamo con gli accelerometri MEMS una nuova rubrica dedicata ai sensori, nella quale ogni mese verrà descritto un tipo di trasduttore, partendo dal principio di funzionamento per arrivare ai circuiti di lettura e ad alcuni esempi di applicazione.

Come fanno gli smart-phone e le macchine fotografiche digitali a rilevare la rotazione del dispositivo e quindi a ruotare di 90° l'immagine rappresentata sul display per presentarla sempre correttamente orientata all'utente che li maneggia? Essi contengono delle triadi di accelerometri che misurano la direzione della forza di gravità, fornendo così una grezza stima dell'assetto, ovvero dell'orientamento spaziale del sistema rispetto al suolo. Questo tipo di microsensori (dimensioni di pochi mm), che in tale contesto operano più da dinamometri (sensori di forza) che da accelerometri (sensori di accelerazione), sono realizzati allo stato solido e offrono prestazioni interessanti con costi molti contenuti.

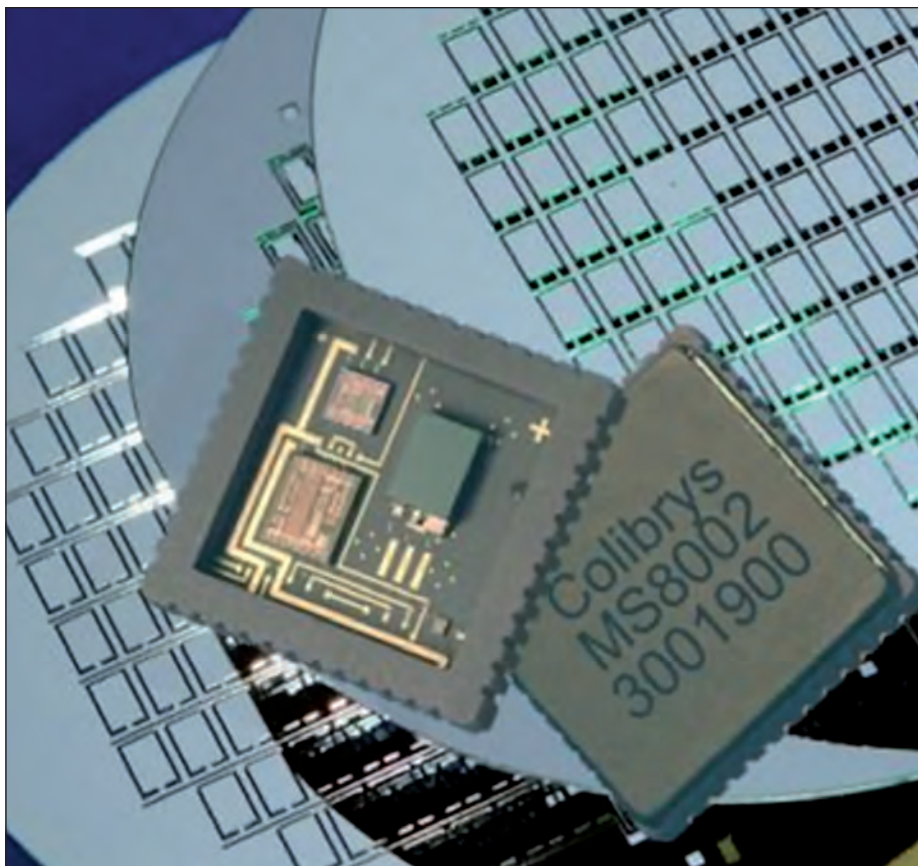
TECNOLOGIA MEMS

La tecnologia MEMS, che significa *Micro Electro-Mechanical Systems* è in forte crescita da due decenni. Essa basa il suo successo sulla possibilità rivoluzionaria di utilizzare il silicio dei circuiti integrati non solo per fabbricare componenti elettronici (transistori in primis) ma anche per realizzare dei componenti meccanici con una precisione (sub)micrometrica. Questi elementi micromeccanici vincolati al substrato agli estremi ma mobili lungo certi gradi di libertà, che fungono sia da sensori che da attuatori, posso essere integrati sullo stesso substrato dei circuiti elettronici (integrazione monolitica) ottenendo grande compattezza e riducendo i parassitismi dei collegamenti, o realizzati su chip separati (integrazione ibrida) che vengono poi affiancati ai chip elettronici realizzati con processi standard, come nel caso della tecnologia CMOS, non totalmente compatibili. Gli accelerometri, insieme ai giroscopi, appartengono all'importante famiglia dei sensori inerziali MEMS a cui si affiancano sensori di pressione, microfoni, risonatori e microspecchi per proiettori.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Come per gli altri tipi di accelerometri, la misura dell'accelerazione impressa al sensore viene eseguita tramite una misura di forza F, essendo linearmente legate dalla massa m del corpo in moto, come espresso dalla seconda legge di Newton ($F = m \times a$). Il cuore del sensore è quindi costituito da una massa di prova vincolata da una molla al resto del sensore e libera di muoversi lungo una sola direzione, nel più comune caso dei sensori monoassiali (**figura 1**). Una forza che accelera la cornice imprime un moto alla massa di prova che viene contrastato dalla molla. Per ricavare la forza, e quindi l'accelerazione, si misura di quanto si deforma la molla, secondo la legge di Hooke ($F = k \times \Delta x$) dove Δx è l'allungamento (o compressione) della molla rispetto alla condizione di riposo e k è la costante elastica della molla, che ne rappresenta la rigidità.

In tecnologia MEMS questo approccio viene implementato realizzando la massa di prova come una sbarra di silicio il cui contorno viene scavato e rimosso, mantenendola vincolata alle pareti della cornice tramite delle molle realizzate sempre in silicio (**figura 2**). Vi sono due tecniche per rilevare i micrometrici spostamenti della massa di prova: quello piezoresistivo e quello capacitivo. Nel primo caso i bracci di sostegno sono realizzati in materiale piezoelettrico in modo che una loro

Figura 1: Sistema massa-molla alla base del funzionamento di un accelerometro.

deformazione meccanica venga rilevata come una variazione di resistenza o di carica. L'approccio più diffuso è però quello della detection capacitiva. In questo caso (**figura 3**) si realizza un condensatore in cui un'armatura è fissata alla cornice e l'altra è solidale con la massa di prova mobile. Al variare della distanza tra i piatti del condensatore, varia la capacità (tramite una proporzionalità inversa che viene linearizzata per piccoli spostamenti). La configurazione più diffusa è quelle delle armature interdigitate per la detection del moto planare, che danno luogo a capacità complessive dell'ordine di 0.1pF le cui variazioni posso raggiungere le frazioni dell'attoFarad (10^{-18}F), rilevabili solo grazie a sofisticati circuiti di lettura ospitati a fianco degli elettrodi sullo stesso chip. Per rilevare l'accelerazione in direzione perpendicolare al piano del sensore è possibile realizzare un sbarra sospesa da un solo lato che si fletta in verticale, variando la capacità tra due condensatori a facce piane paraelle. In ogni caso, al fine di ridurre gli errori dovuti alle derive e aumentare la sensibilità, si preferisce adottare sempre uno schema differenziale, in cui la simmetria di realizzazione permette di ottenere coppie di condensatori la cui capacità varia in direzione opposta. Lo schema più diffuso per la trasduzione del segnale è quello del ponte di Wheatstone alimentato da una tensione sinusoidale.

PRESTAZIONI

La maggior parte di questi integrati fornisce un'uscita digitale su un bus standard (interfacce tipo SPI o I2C) ma esistono ancora modelli che generano un'uscita analogica la cui tensione è proporzionale all'accelerazione. Esistono versioni monoassiali (asse x), biassiali (assi x e y ortogonali e appartenenti al piano orizzontale dell'integrato) e triassiali (in cui si aggiunge l'asse z in verticale). I parametri fondamentali che caratterizzano un accelerometro sono il fondoscala, espresso in g (tipicamente compreso tra ±1g e qualche decina di g), la banda passante (tra decine di Hz e decine di kHz), l'offset in continua (errore di decine di μg), il ru-

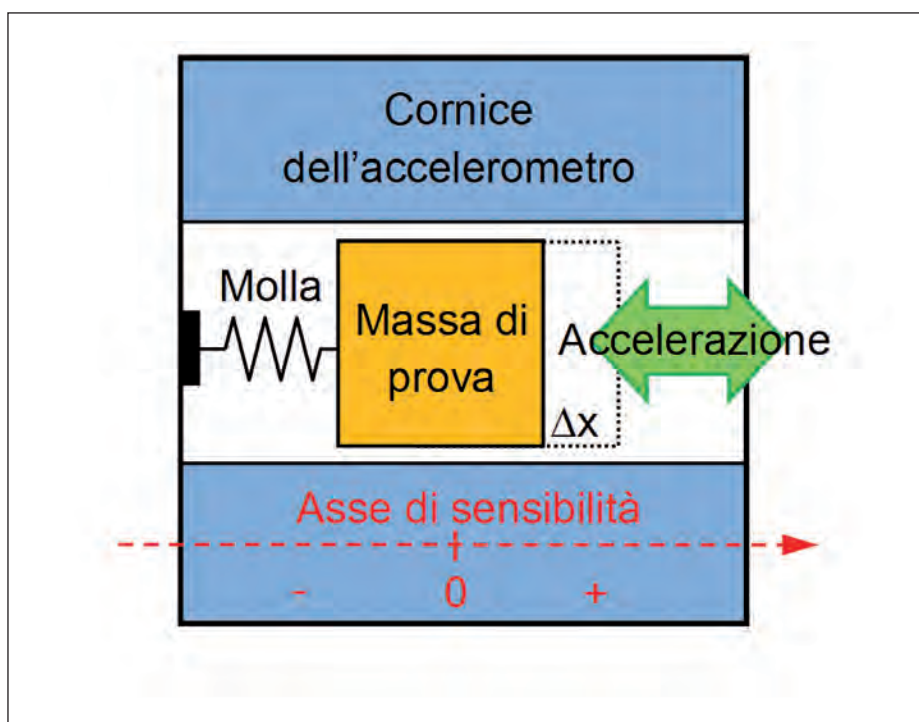
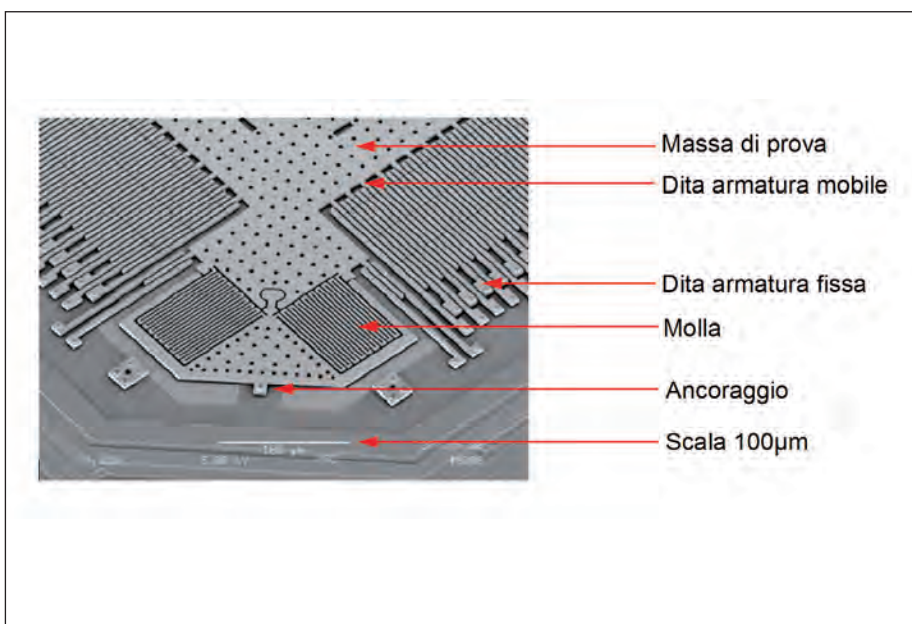
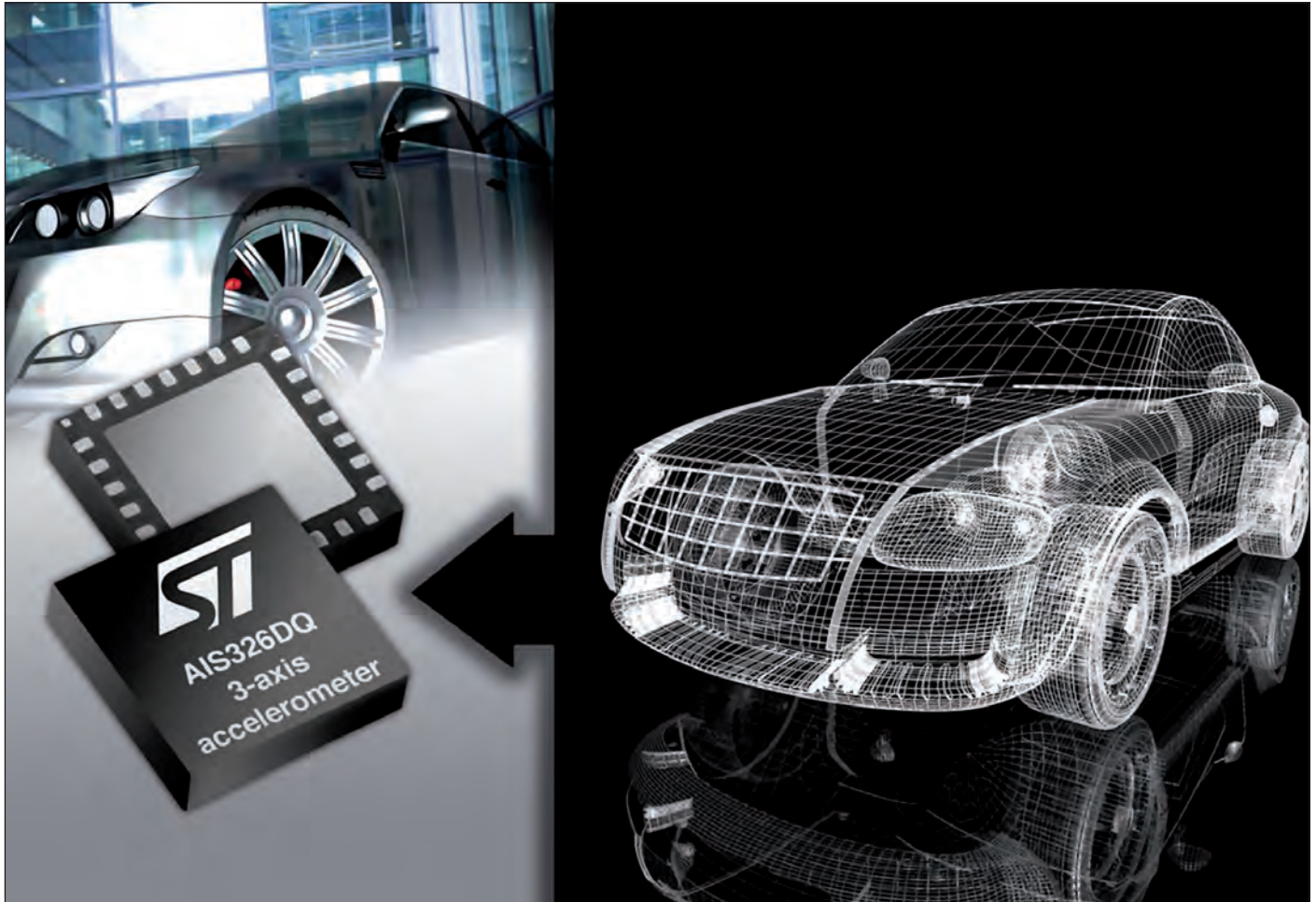



Figura 2: Fotografia al microscopio elettronico dell'angolo di un accelerometro biassiale MEMS di Analog Devices.

more (ovvero la risoluzione che può scendere fino alle decine di μg), la sensibilità alle variazioni termiche (qualche mg/°C) e la sensibilità ad accelerazioni in direzione ortogonale all'asse sensibile.

APPLICAZIONI

I produttori principali sono Analog Devices, il primo colosso microelettronico ad entrare nel mercato negli anni '90, Bosch e STMicroelectronics i cui sensori estremamente miniaturizzati, sviluppati recentemente negli italianissimi stabilimenti vicino a Milano, rivestono un ruolo significativo nei mercati mondiali della telefonia mobile e delle console di gioco. Tra i produttori minori citiamo Freescale, Kionix, Colibrys e MEMSIC (che utilizza una tecnica di detection termica).
Se in passato l'applicazione principale di questi sensori era in ambito automobili-

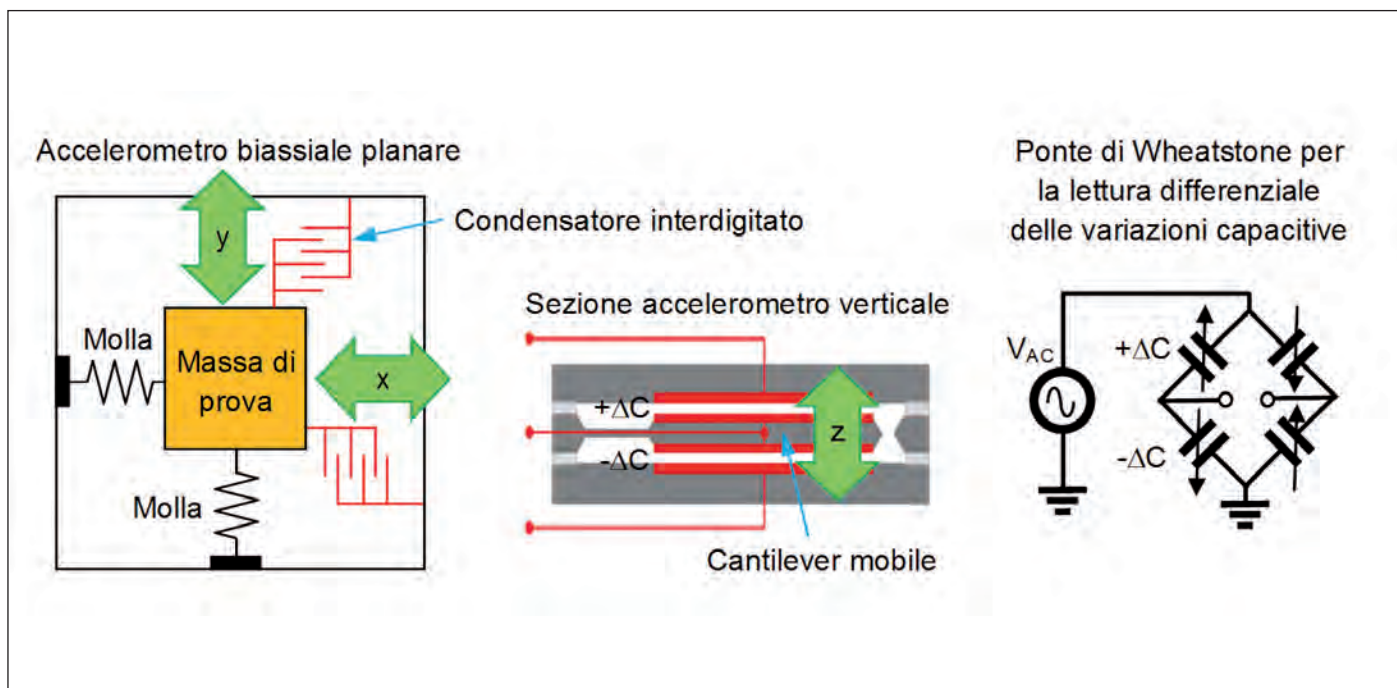



Figura 3: Misura capacitiva (tramite ponte di Wheatstone) degli spostamenti della massa di prova sia nel piano orizzontale x-y che lungo l'asse verticale z.

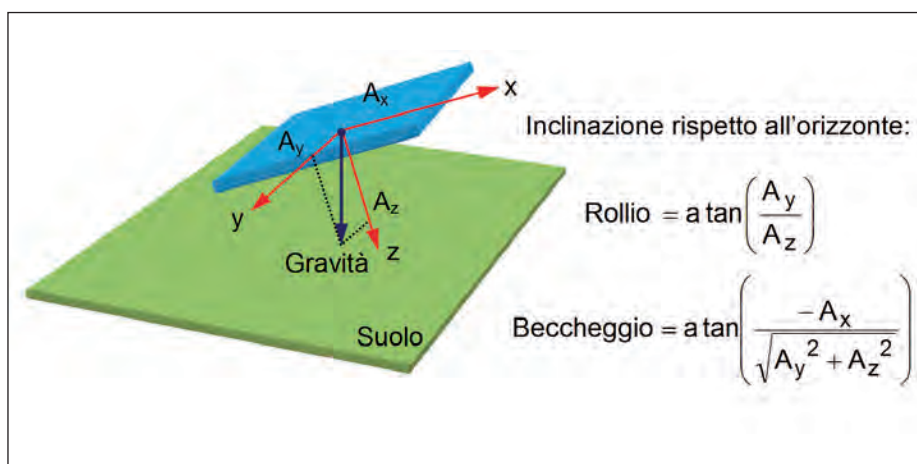



Figura 4: Impiego di una triade di accelerometri per realizzare un inclinometro a stato solido.

PER approfondire...

S. D. Senturia, "Microsystem Design" Springer 2005.

N. Maluf, "An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering" Artech House 2000.

www.st.com/mems

www.analog.com/en/mems-sensors/products/index.html.

stico per la misura di brusche decelerazioni del veicolo che pilota l'attivazione dell'airbag, oggi l'impiego trainante appare quello della misura dell'assetto in svariati prodotti consumer. Come accennato all'inizio, per misurare l'orientamento di un corpo è possibile misurare la direzione del vettore della forza di gravità (**figura 4**) e, sapendo che questo è sempre diretto verso il centro della Terra, ricavare l'assetto del corpo in movimento tramite i calcoli trigonometrico riportati in figura sui segnali provenienti da tre accelerometri ortogonali. Il difetto principale di questo semplice approccio, comune anche agli inclinometri a liquido, è che in presenza di movimenti rapidi la stima dell'assetto risulta errata in quanto tutte le accelerazioni dinamiche impresse alla triade di sensori si sovrappongono a quella di gravità. Essendo la gravità un segnale costante, una possibile soluzione consiste nel filtrare passa basso i disturbi veloci, ma così facendo si allunga il tempo di risposta del sistema. Oltre alla misura dell'accelerazione e dell'inclinazione degli oggetti, altre applicazioni interessanti includono il monitoraggio dei movimenti e delle posture delle persone e quello delle pareti rocciose e degli edifici per studi sismici. ❑

CODICE MIP 2820809

Circuiti UTILI

Una serie di semplici circuiti che potrebbero risolvere piccoli e grandi problemi di progettazione elettronica!

In queste pagine presenteremo una rassegna di piccoli circuiti da utilizzare in numerose applicazioni. La loro semplicità è sconcertante ma dietro a molti di essi si nascondono intuizioni veramente geniali. Scopriamoli insieme.

SENSORI A LED

Normalmente i LED rossi sono usati come emettitori di luce, ma essi possono essere utilizzati anche come fotosensori per cui un singolo LED assume contemporaneamente la funzione di emettitore di luce e di rivelatore di luce nello stesso circuito! L'idea di base è quella di far lampeggiare il LED, utilizzando il tempo "ON" per far emettere luce e il tempo "OFF" per rilevare la corrente fotovoltaica generata dalla luce ambientale. I due circuiti (**figura 1** e **figura 2**) utilizzano alcuni componenti di basso costo e dimostrano come un LED può funzionare sia come un sensore e come un indicatore. Il circuito in **figura 1** funziona come luce notturna - il LED rimane spento in presenza di luce diurna e si accende quando il livello di luminosità dell'ambiente scende sotto un certo livello. Il timer 7555 CMOS è configurato per un funzionamento monostabile e si attiva quando la tensione al pin 2 e inferiore a 1/3 della tensione di alimentazione. R1 e R2 costituiscono un partitore di tensione e mantengono il catodo del LED appena sotto la tensione di trigger. Quando il livello di luminosità ambientale è consistente il LED sviluppa diverse centinaia di millivolt, che si aggiungono alla tensione della giunzione R1/R2 e mantiene il pin 2 al di sopra di 1/3 del livello di soglia. In questo stato la tensione al pin 3 di uscita del 7555 sarà vicina allo zero e il diodo 1N4148 sarà inversamente polarizzato, consentendo il flusso di corrente fotovoltaica del LED attraverso pin 2 di ingresso. Quando invece il livello di luminosità ambientale scende sufficientemente, la tensione del LED si abbassa e il pin 2 sarà al di sotto del livello limite. Il 7555 quindi genera un impulso, il diodo 1N4148 sarà polarizzato direttamente e il LED si accende. Al termine del periodo di tempo fissato da R3 e C1, il monostabile si resetta e scarica C1, che sarà pronto per un nuovo ciclo. Il LED si spegnerà brevemente per permettere nuovamente la rilevazione della luce ambientale. Il circuito mostrato in **figura 2** funziona invece come luce giornaliera. Il LED lampeggia in piena luce e rimane spento in presenza di bassa luminosità dell'ambiente circostante. Qui il 7555 è configurato per un funzionamento astabile e il LED lampeggia lentamente attraverso il diodo 1N4148 finché il pin 4 di ingresso RESET è mantenuto ad un livello superiore a 600 mV circa. Se la luce ambiente e troppo bassa il LED non genera una tensione sufficiente sul pin 4 e l'uscita del 7555 si attesta attorno allo zero, mantenendo acceso il LED. Il LED opera come emettitore di luce quando il pin 3 di

Figura 1: sensore a LED per luce notturna.

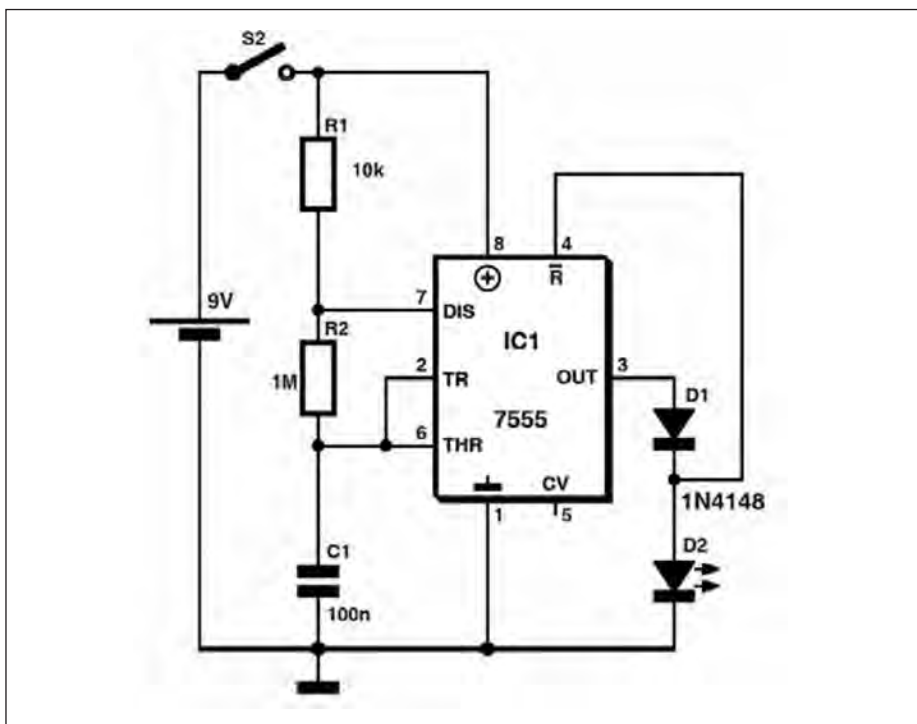



Figura 2: sensore a LED per luce diurna.

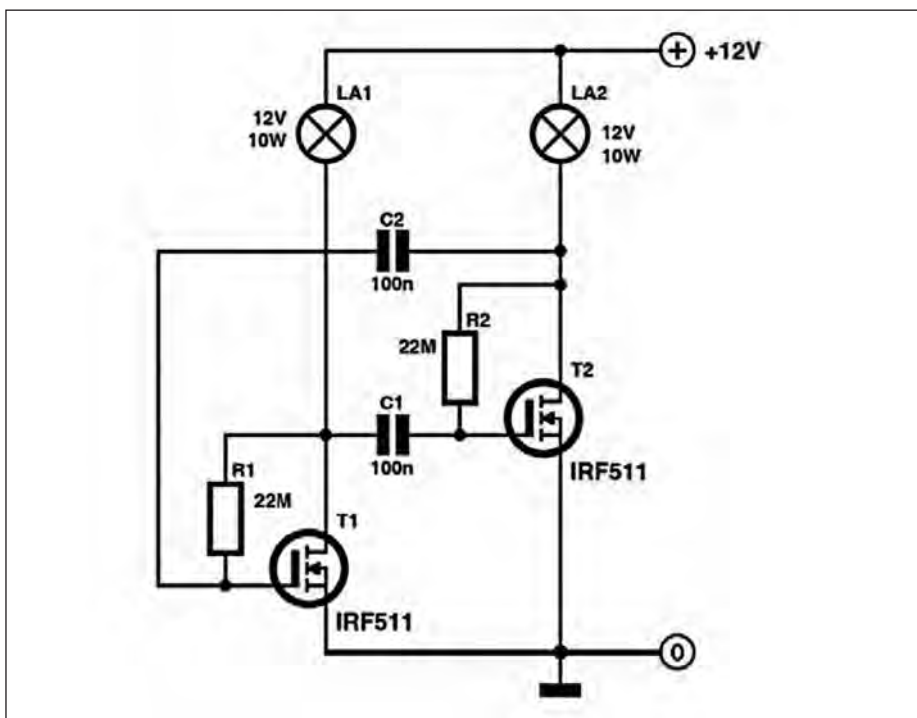



Figura 3 Il fenomeno dell'aliasing nel campionamento di un segnale.

uscita è a livello alto e come un sensore quando l'uscita è bassa. Il primo circuito potrebbe essere usato per indicare la posizione di interruttori della luce, luci fuori porta di notte, ecc. Il secondo circuito è ideale per allestire un semplice gioco come ad esempio il tiro ad un bersaglio indicatore, che si illumina quando "colpito" dalla luce di un puntatore laser. Il valore di C1 potrebbe essere aumentato fino a 10 uF per allungare il tempo di accensione del LED. Entrambi i circuiti possono essere utilizzati come interruttori sensibili al tocco, in un ambiente luminoso. Coprendo il LED con un dito cambierà il livello dell'uscita del 7555. Il timer IC deve essere di tipo CMOS, in quanto il circuito richiede correnti di ingresso molto basse per operare correttamente.

LAMPEGGIATORE A INCANDESCENZA

Nel circuito di **figura 3** i due MOSFET IRF511 sono configurati come semplici multivibratori astabili per fare illuminare alternativamente due lampade ad incandescenza. I valori del resistore e del condensatore C impostano la velocità del lampeggio a circa 0,33 Hz, ma variando i valori sia della resistenza che del condensatore si possono ottenere quasi tutte le velocità di lampeggio. Incrementando i valori di C1 e C2, o R1 e R2, diminuisce la velocità di lampeggio, viceversa, diminuendo i valori, la velocità cresce. A differenza di altri dispositivi a semiconduttore, i MOSFET di potenza possono essere messi in parallelo, senza particolari componenti aggiuntivi, al fine di controllare correnti di carico più intense. Questo può costituire un fattore importante quando il circuito viene impiegato per pilotare una coppia di lampade ad incandescenza ad alta potenza, perché la resistenza della lampada è inizialmente molto inferiore rispetto a quella posseduta alla temperatura normale di funzionamento. Una lampada di circa 12-14 volt misura 6 ohm quando è fredda. Quando vengono applicati 12 volt, la corrente iniziale è dell'ordine di 2A. La stessa lampada, una volta operativa a 12 volt, richiede solo circa 200 mA. La resistenza a caldo, a regime, in genere si attesta al massimo intorno ai 60 ohm o, in generale, a circa dieci volte la resistenza a freddo. Questo vincolo dovrebbe essere tenuto ben presente quando si utilizzano dispositivi a semiconduttore per controllare una lampada ad incandescenza.

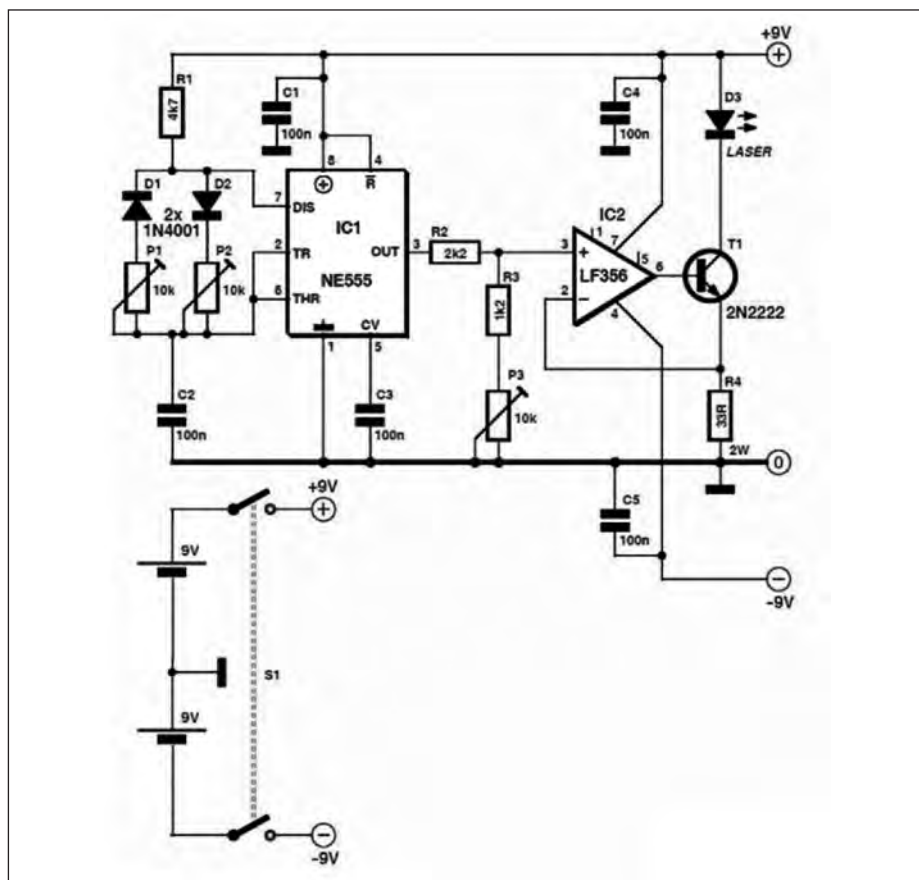



Figura 3: lampeggiatore con lampada a incandescenza.

TRASMISSIONE DATI CON LASER

Comunicare con il laser non è una novità. Abbiamo familiarità con cavi a fibre ottiche che trasportano il segnale del nostro telefono in tutto il mondo. Il raggio laser viene quindi utilizzato come vettore, che e modulato dal segnale trasmesso. Nel ricevitore, il segnale desiderato viene recuperato separandolo dalla portante. Questo collegamento laser wireless potrebbe essere utilizzato per trasmettere le informazioni attraverso due stazioni. Il principio di base del funzionamento del collegamento wireless è identico a quello applicato per la fibra ottica. I collegamenti di comunicazione Wireless Laser sono molto utilizzati in applicazioni spaziali per permettere la comunicazione satellitare. Il sistema è composto da un trasmettitore e da un ricevitore, secondo le figure 4 e 5. Il circuito del trasmettitore comprende essenzialmente un multivibratore astabile, IC1, che genera un treno di impulsi, che serve come input di modulazione per il diodo laser. La forma d'onda di uscita presente sul pin 3 del NE555 ha un tempo di "livello alto" pari a:

0.69 × (R1+P2) × C2 [s]

e un tempo di livello basso di:

0.69 × P1 × C2 [s]

La frequenza del treno di impulsi può essere impostata a circa 1 kHz. Il divisore di potenza R2-R3-P3 riduce il picco di ampiezza del treno di impulsi da circa 8V a 3V. L'operazionale IC2, il transistor T1 e altri componenti associati costituiscono il circuito driver per diodo laser D3. La corrente del diodo laser è fatta oscillare tra zero e circa 90 mA. Il livello di corrente superiore in questa configurazione è dato dalla tensione al pin 3 di IC2, che a causa del fenomeno di massa virtuale dell'amplificatore operazionale, appare anche sul pin 2 (divisa R4). Il ricevitore è fondamentalmente un convertitore corrente-tensione seguito da un amplificatore non invertente costruito intorno a IC3, il cui guadagno è dato dalla formula:

(R6+R7) × R6

Il guadagno può essere scelto in modo da ottenere una sufficiente ampiezza del segnale alla sua uscita. L'uscita può pilotare un mini altoparlante attraverso l'inseguitore di emettitore T2. Il buffer IC4 a guadagno unitario di fase consente la visualizzazione del segnale su un oscilloscopio se lo si desidera. Sia il trasmettitore che il ricevitore sono alimentati da due batterie di 9V per fornire una alimentazione simmetrica. I due circuiti sono abbastanza semplici e si possono montare sulla breadboards o schede millefori. Per la configurazione del sistema regolare P1 e P2 per ottenere un impulso di circa 1 kHz sul pin 3 del NE555. Regolare P3 per garantire che il valore desiderato di corrente scorra attraverso il diodo laser. Non superare mai la specifiche del costruttore! Allineare il trasmettitore e il ricevitore per garantire che la luce laser colpisca il fotodiodo. Controllare l'ampiezza del segnale in uscita di IC3 (pin 6). Il segnale deve essere compreso tra 3-5 V. In funzionamento si dovrebbe sentire un tono di 1 kHz dal altoparlante. Collaudare il sistema aumentando sempre più la distanza. Questo dipenderà dalla potenza del laser e da altre fenomeni ottici.

OSCILLATORE A BASSISSIMA TENSIONE

Il circuito di **figura 6** è un multivibratore astabile costruito con un paio di transistor PNP e un cicalino piezoelettrico. Il funzionamento del circuito è controllato con un oscilloscopio perchè con una alimentazione così bassa il cicalino, con tutta probabilità, produce un livello sonoro molto basso. Il circuito è stato testato ed è stato osservato il funzionamento. Per gli esperimenti, seguite queste procedure: 1- Applicare una tensione di alimentazione di 1V e osservare se il circuito inizia ad oscillare. 2- Abbassare lentamente la tensione di alimentazione (lentamente, fino a 0V) fino a quando il circuito smette di oscillare. 3- Accendere e spegnere ripetutamente l'alimentazione, ogni volta con una tensione leggermente superiore, fino a quando il circuito inizia ad operare di nuovo. Sono state utilizzate due coppie di transistor - i BC559B e AC542 e i risultati sono riportati nella tabella 1. Il circuito è operativo a soli 130 mV! Ovviamente, i vostri esperimenti richiederanno un'adeguata sorgente di alimentazione regolabile a bassa tensione con un buon controllo nella gamma 0-1 volt. In mancanza di un tale strumento, un divisore di corrente alimentato a 5 volt dovrebbe rivelarsi un'alternativa adeguata..

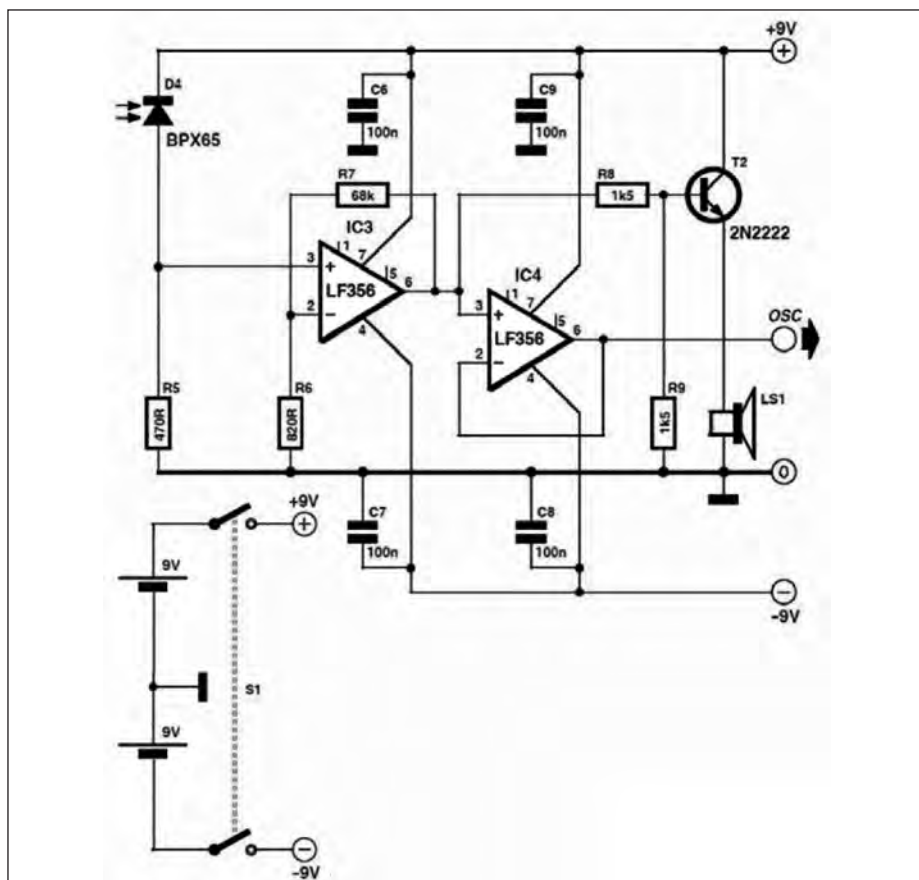



Figura 5: ricevitore laser.

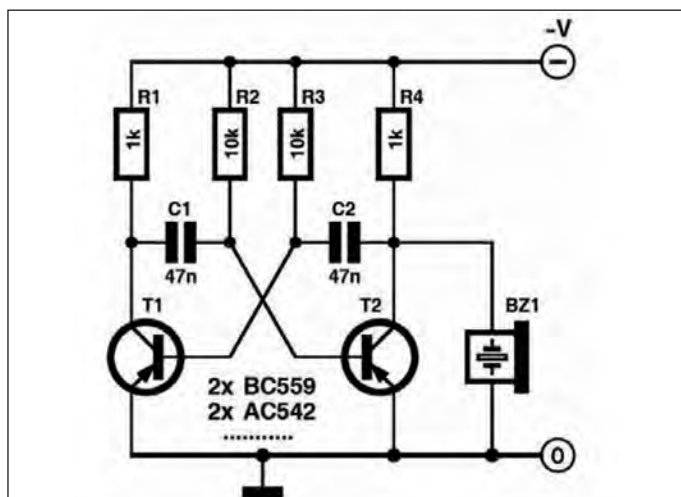



Figura 6: oscillatore alimentato a bassissima tensione.

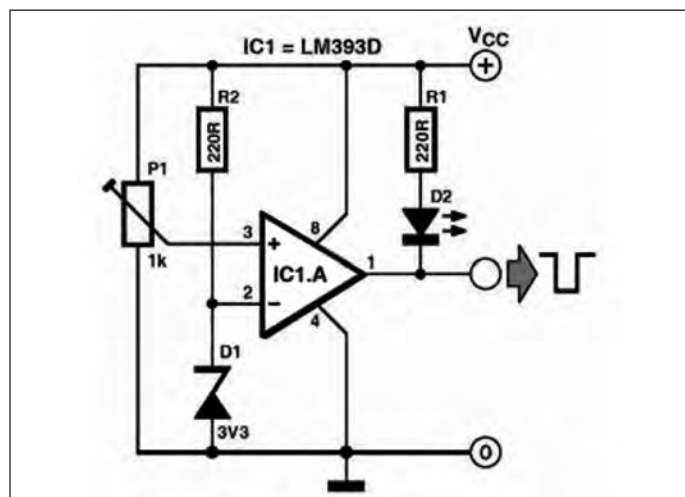



Figura 7: indicatore di bassa tensione.

transistor	switch off voltage	switch on voltage
BC559B	470 mV	520 mV
AC542	130 mV	190 mV

Tabella 1: risultati ottenuti per i due transistor.

INDICATORE DI BASSA TENSIONE

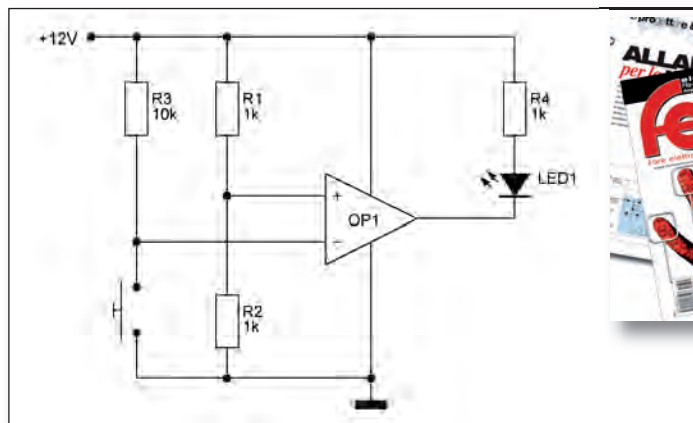
Il circuito di **figura 7** è un monitor di controllo molto semplice per linee di alimentazione VCC con tensione di +5 V. Esso può essere utilizzato per monitorare la tensione della batteria, indicando quando il livello di alimentazione scende al di sotto di un valore predefinito. L'uscita del circuito è in grado di interfacciarsi direttamente alla logica digitale (per esempio, TTL), reimpostare un microcontrollore o disattivare l'applicazione prima che vada in uno stato indefinito a causa di una tensione di alimentazione troppo bassa. Il circuito utilizza un solo comparatore del chip LM393D. In alternativa si può utilizzare l'integrato LM339. Il LM393D confronta due tensioni, V1 all'ingresso invertente (-) e V2 all'ingresso non invertente (+). Quando V2 < V1, l'uscita del comparatore è bassa, vale a dire GND (o quasi). Quando V2> V1, l'uscita è alta, vale a dire (quasi) la tensione di alimentazione positiva. Un diodo zener 3,3 V, D1, e una resistenza da 220 Ω, R3, forma di un regolatore shunt di tensione utilizzata per creare una tensione di riferimento (V1) di 3.3V all'ingresso invertente. R3 limita la corrente attraverso il diodo zener D1 a circa 6 mA, causando al diodo di rimanere inversamente polarizzato anche quando la tensione della batteria scende a 4.65V. Il potenziometro R2 consente di fissare l'ingresso non invertente al di sopra della soglia di 3,3 V, quando la tensione di alimentazione VCC è superiore a 4,65 V. L'uscita del comparatore sarà alta in quanto il transistor di uscita è spento. Di conseguenza anche il LED è spento. Quando VCC scende sotto 4,65 V, V2 scende al di sotto del livello di V1. Questo fa sì che l'uscita del comparatore si fissi alla tensione di alimentazione negativa (GND). Il flusso di corrente attraverso R1 fa sì che il LED si illumini. R1 è dimensionata per limitare la corrente attraverso il LED a circa 15 mA. ❑

CODICE MIP 2822289

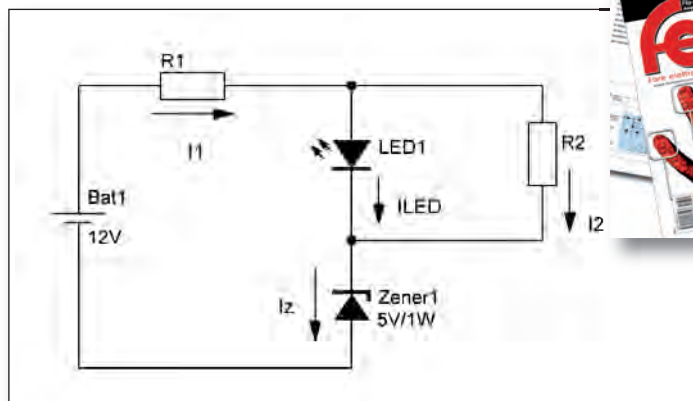
elettro quiz 323

Le risposte ai quiz "Base" e "Avanzato" vanno inviate esclusivamente compilando il modulo su www.farelettronica.com/eq specificando la parola chiave **"Newton"**.

Le risposte ed i vincitori (previa autorizzazione) sono pubblicati alla pagina www.farelettronica.com/eq a partire dal 15 del mese successivo alla pubblicazione sulla rivista.

A tutti i partecipanti verrà assegnato un buono sconto del 10% (validità 3 mesi dalla data di assegnazione) utilizzabile per un prossimo acquisto su www.ieshop.it

Abbonamento al club di Fare Elettronica

facile

Considerando ideale il comportamento dell'amplificatore operazionale impiegato nel circuito di figura, determinare lo stato del LED prima e dopo la pressione del pulsante.

Abbonamento a Fare Elettronica

difficile

Determinare il valore di R1 e R2 in modo che il diodo zener nel circuito di figura dissipi una potenza pari a 1/4 della sua potenza nominale e che il LED sia attraversato da una corrente di 10mA. A tale scopo si consideri ideale il comportamento del diodo zener e pari a 1,2V la caduta di tensione ai capi del LED quando questo è acceso.

Moltiplicatore di TENSIONE

Una realizzazione facile, economica, da mettere insieme velocemente e che rende disponibili una serie di tensioni con cui alimentare semplici circuiti a valvole a bassa potenza.

Questo piccolo alimentatore è nato principalmente per avere a disposizione una serie tensioni anodiche da utilizzare nella riparazione di piccole radio a valvole funzionati a batteria che normalmente richiedono valori compresi tra i 22 e i 90 volt, con correnti piuttosto contenute dell'ordine di qualche mA. Ovviamente l'alimentatore si presta molto bene per essere utilizzato in tutti quei casi in cui è necessario collaudare piccoli circuiti che richiedono tensioni medio/alte e basse correnti.

MOLTIPLICATORI DI TENSIONE

Poiché parliamo di basse correnti e di tensioni relativamente elevate, un circuito che si presta molto bene ai nostri scopi è senza dubbio il moltiplicatore di tensione a diodi e condensatori; si tratta della versione "Cockcroft Walton", una configurazione molto conosciuta, utilizzata in tante applicazioni, tra cui ad esempio gli acceleratori di particelle dove servono tensioni elevatissime.

In **figura 1**, è riportato lo schema di una cella duplicatrice di tensione, applicando in ingresso una tensione sinusoidale di valore efficace V_{ac} , in uscita otterremo una tensione continua di valore V_o = 2*1.41*Vac diminuita della caduta di tensione introdotta dai diodi; ad esempio a fronte di una tensione V_{ac} di 10 volt, avremo in uscita una tensione V_o = 2*1.41*10=28,2 che al netto della caduta di tensione dovuta ai due diodi, diventa V_o = 28,2-1,4 ≈ 26,8.

Il principio di funzionamento è semplice e intuitivo, durante la semionda negativa, D2 è interdetto, D1 carica C1 ad un valore $V_{c1}= V_{ac}*\sqrt{2}-V_d$, dove V_d è la caduta di tensione dovuta alla giunzione del diodo, durante la semionda positiva D1 è interdetto e D2 comincia a caricare C2 ad una tensione che a regime sarà pari alla $V_{c1}+ V_{ac}*\sqrt{2}-V_d$ ovvero $V_{c2}=2\ V_{ac}*\sqrt{2}-2*V_d$, una tensione più che doppia rispetto alla V_{ac}; dunque collegando in cascata più celle duplicatrici, sarà possibile avere diverse tensioni continue, mano a mano crescenti che potremo utilizzare per i nostri scopi.

SCHEMA ELETTRICO

Con lo schema elettrico, visibile in **figura 2**, si possono avere simultaneamente 4 tensioni di alimentazione che con i valori proposti sono rispettivamente di circa, 22.5, 45, 67.5 e 90 volt ovvero i valori tipici utilizzati per le anodiche di molte radio valvolari a batteria.

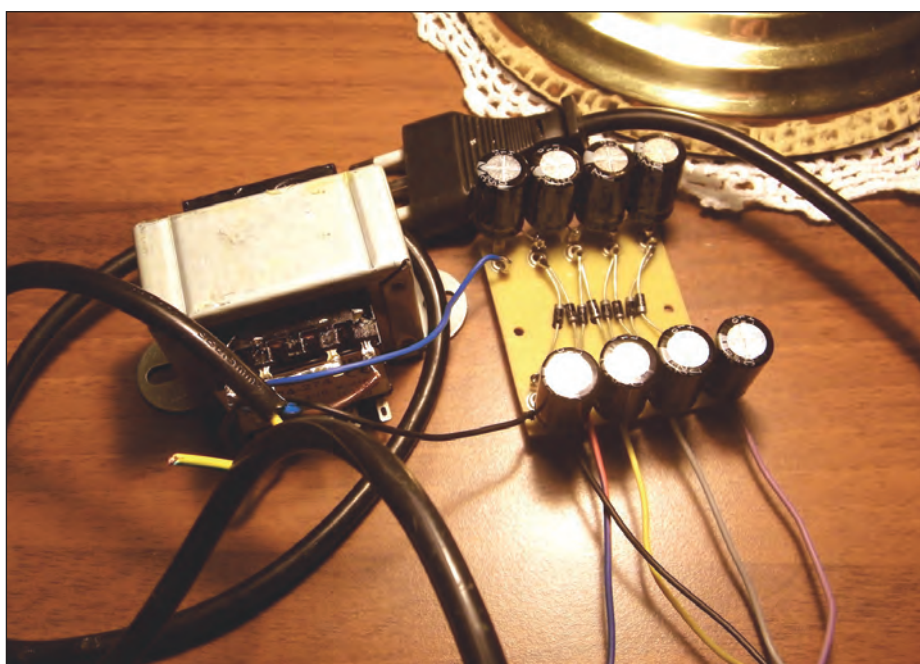
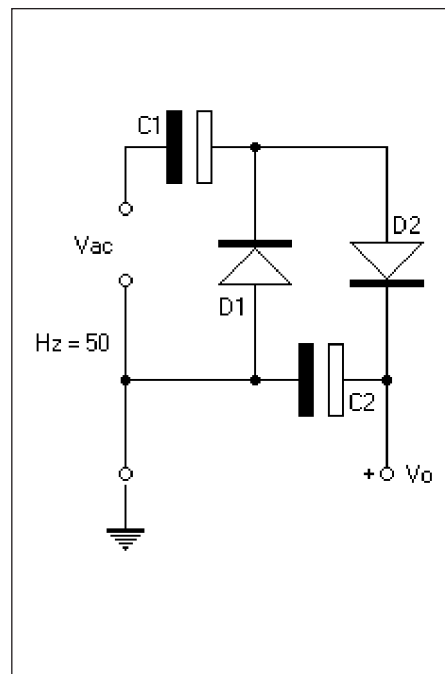
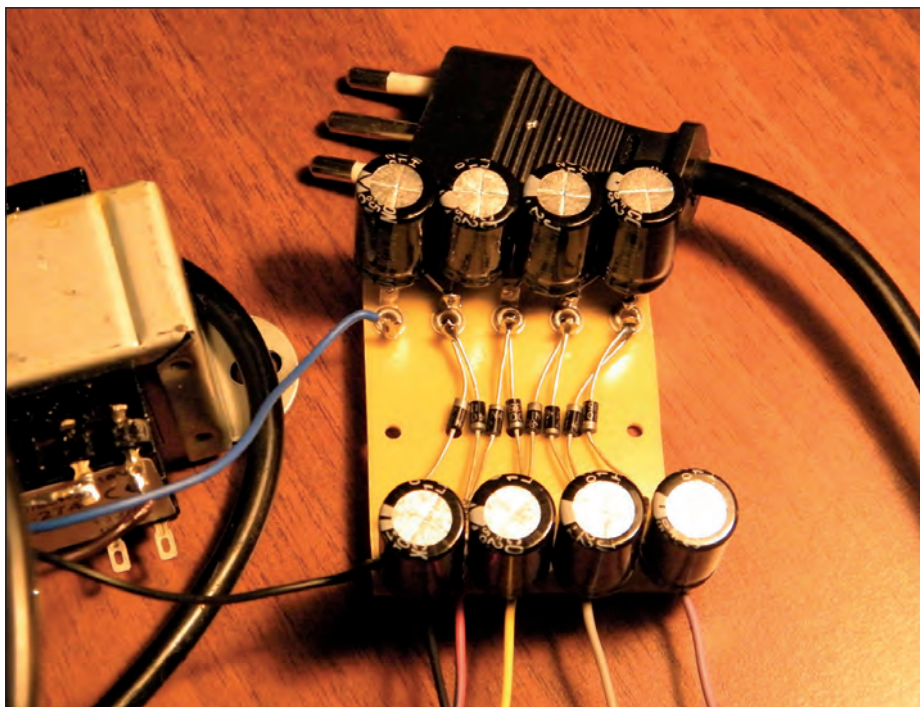
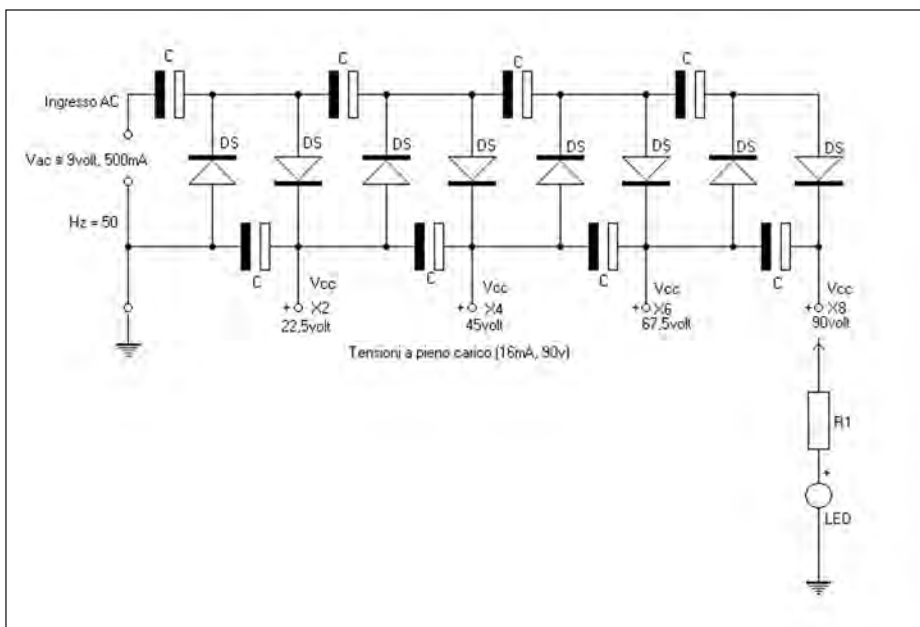



Figura 1: cella duplicatrice.

Figura 2: schema elettrico

LISTA COMPONENTI

Tr	**Trasformatore 220/9volt 500mA**
C	**2200uf 35 volt elettrolitico**
DS	**Diodo al silicio 1N4007**
R1	**5,6 kohm ½ watt**
LED	**Diodo led**

Naturalmente non si tratta di un alimentare stabilizzato e occorrerà tener conto sia delle inevitabili cadute di tensione che del ripple presente sulle varie uscite.

Per il dimensionamento del nostro alimentatore partiamo dalle espressioni che caratterizzano il circuito "Cockcroft Walton":

$$(E1) \quad \Delta V = \frac{I_{load}}{fc}\left(\frac{2}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 - \frac{1}{6}n\right)$$

$$(E2) \quad V_{ripple} = \frac{I_{load}}{fc}\left[\frac{n(n+1)}{2}\right]$$

$$(E3) \quad V_{out} = 2n(V_{ac}\sqrt{2} - V_d)$$

dove:

ΔV =caduta di tensione dovuta all'inserimento di un carico sulla cella ennesima.
V_{ripple} = ondulazione residua presente sulla tensione d'uscita.
V_{out} = tensione d'uscita alla ennesima cella

Con:

V_d = caduta di tensione dovuta alla giunzione dei diodi al silicio (≈ 0,7 volt)
I_{load} = corrente assorbita dal carico
V_{ac} = valore efficace della tensione alternata (sinusoidale) applicata in ingresso.
f = frequenza della tensione alternata.
C = capacità in farad dei condensatori utilizzati.
n = numero di celle duplicatrici poste in cascata.

Appare subito evidente che la caduta di tensione ΔV è direttamente proporzionale alla corrente assorbita dal carico I_{load} e inversamente proporzionale sia alle capacità utilizzate per i condensatori che alla frequenza della tensione applicata in ingresso. Sempre dall'espressione E1, appare evidente come all'aumentare delle celle duplicatrici il contributo alla caduta di tensione cresce in maniera cubica, determinando forti cadute di tensione anche con piccole correnti assorbite dal carico. Ipotizzando un assorbimento massimo di circa 16mA a 90v e fissando una caduta di tensione non superiore a 7-8 volt con un ripple massimo sotto 1,5 volt, applicando l'espressione E1, si ottiene per C ≈ 2000uf (con n=4, f=50Hz, I=16mA e ΔV=8volt) mentre la tensione di ripple Vripple massima che avremo in uscita sarà di circa 1,45 volt.
Per compensare la caduta di tensione di 8 volt prevista, si dovrà applicare in ingresso una Vac, tale per cui la tensione d'uscita Vout a vuoto (Iload = 0) sia di circa 98 volt (90volt + gli 8volt di caduta) ; applicando l'espressione E3, si ha :

$$V_{ac} = \left(\frac{V_{out}}{2n} + V_d\right)\frac{1}{\sqrt{2}} = 9{,}15v$$

$$(con\ \ n = 4\ e\ V_d = 0.7v)$$

Il trasformatore che alimenterà il circuito dovrà quindi avere una tensione sul secondario di 9,15 volt con una potenza minima di Pt = 16mA*90volt = 1,44 watt ovvero capace di erogare sul secondario una corrente minima di 157mA.

Ricapitolando il nostro alimentatore sarà così composto:

Trasformatore d'alimentazione con secondario pari a circa 9volt e corrente minima di 157mA, scegliamo comunque un modello capace di erogare 250-500mA o più.
Condensatori elettrolitici di capacità pari a 2000uf, che arrotondiamo al valore standard di 2200uf, con una tensione di funzionamento maggiore di Vc=2 Vac*√2-2*Vd = 24,4 volt anche qui è bene scegliere dei condensatori con tensioni di 30-35Volt.
Per i diodi potremo utilizzare dei comuni 1N4007.
Qualora fosse necessario diminuire il ripple, si potrà applicare tra alimentatore e carico un filtro a p-greco, ricordando che questo introdurrà un'ulteriore leggera caduta di tensione.
A corredo del progettino in **figura 4**, **5** e 6 sono visibili delle simulazioni fatte con LTSpice, dalle quali è possibile vedere gli andamenti delle tensioni sulle quattro uscite, il ripple e la caduta di tensione simulando un carico resistivo che assorba 16mA.

MONTAGGIO E TARATURA

Per il montaggio, vista la simmetria del circuito e i pochi elementi, si può montare tutto su una piccola basetta ad ancoraggi in stagnola, del tipo comunemente utilizzato nell'assemblaggio dei circuiti a valvole. Nella **figura 7** è visibile la distribuzione dei condensatori e dei diodi con indicazione dell'ingresso e delle uscite.

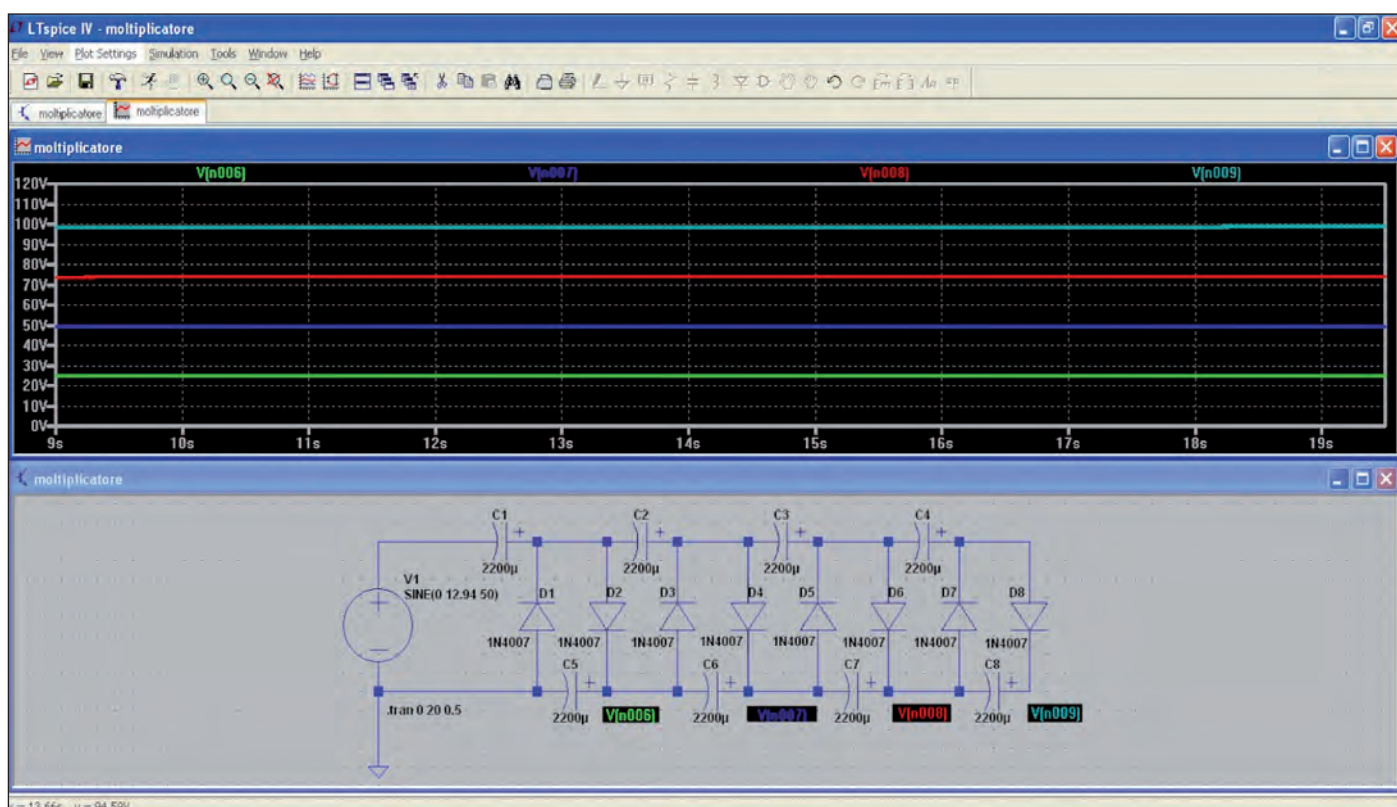



Figura 3: simulazione

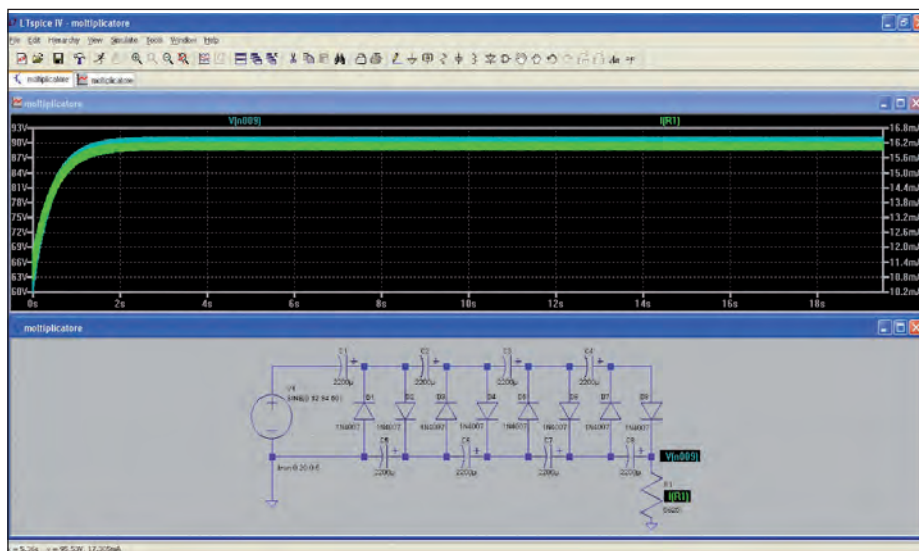



Figura 4: simulazione

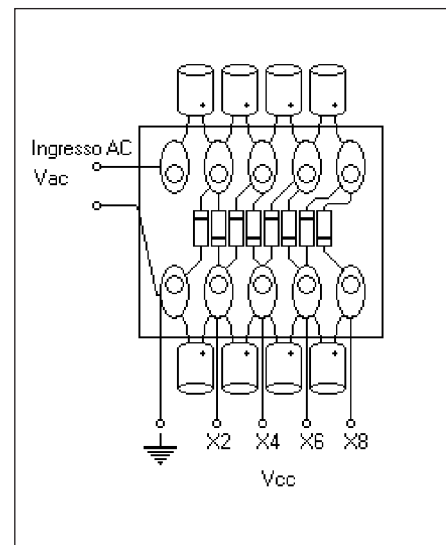



Figura 6. piano di montaggio

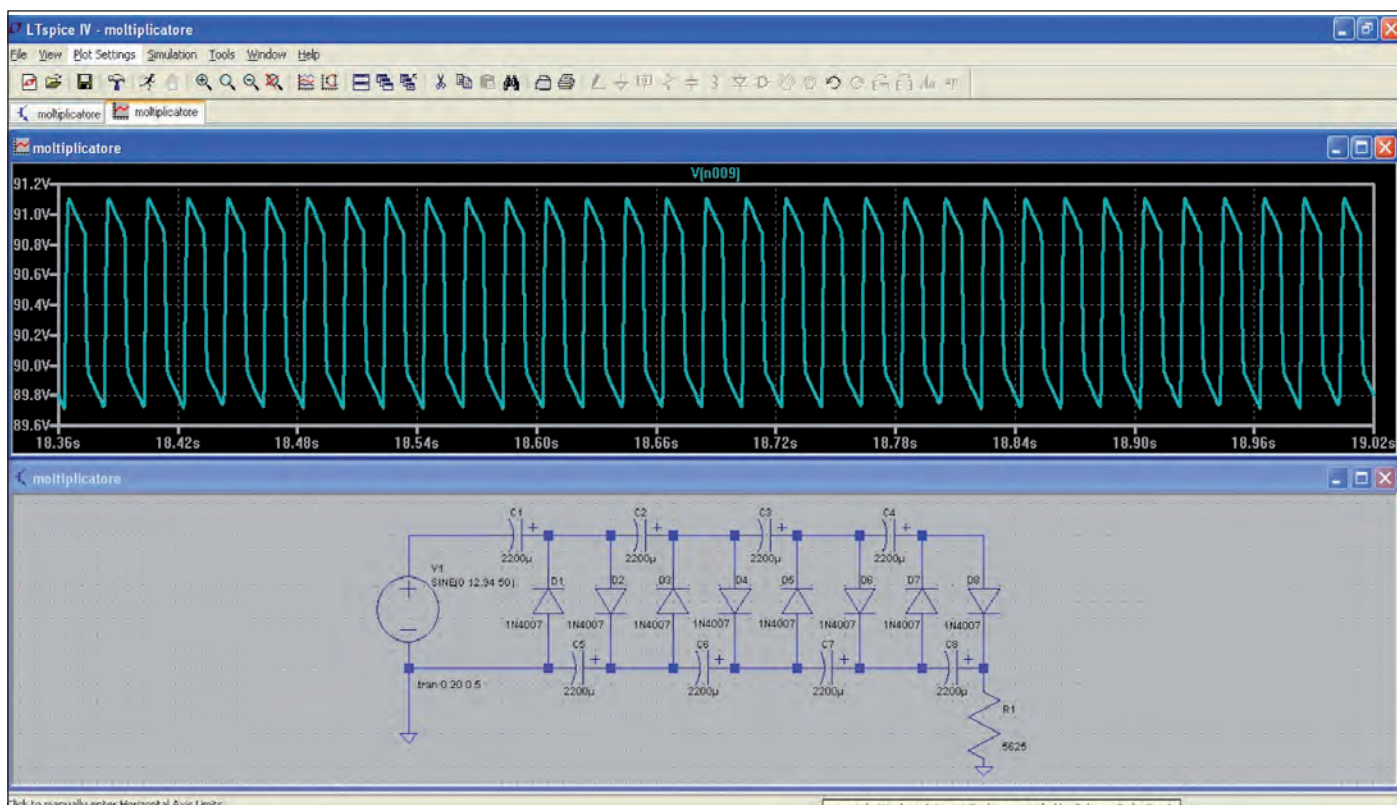



Figura 5: simulazione

Montati gli elementi e verificata la corretta posizione di diodi e condensatori date corrente e con un multimetro controllate che tutto funzioni regolarmente misurando le tensioni a vuoto presenti sulle varie uscite.

Fate molta attenzione a maneggiare il circuito, le tensioni sono abbastanza elevate e i condensatori ci mettono molto tempo a scaricarsi se non vi è nessun carico collegato.

A tal proposito suggerisco di inserire su l'uscita a più alta tensione una resistenza in serie a un diodo led, come visibile nello schema elettrico di **figura 2**, in modo di permettere ai condensatori di scaricasi. Naturalmente l'inserimento dello "scaricatore" potrà essere attivato dallo stesso interruttore di accensione/spegnimento dell'alimentatore, il led renderà visibile la fase di scarica. ❑

CODICE MIP 2822193

SEMPLICE *convertitore* OC/OM

Un mosfet e poche altri componenti per trasformare una semplice radiolina per onde medie in un ricevitore capace di captare anche le più esotiche stazioni che trasmettono sulle onde corte.

Un progettino alla portata di tutti, e in particolare dei giovani radioappassionati che vogliono cimentarsi nell'ascolto delle stazioni in onde corte.
Si tratta di riutilizzare una di quelle vecchie radioline in onde medie, che con molta probabilità giace inutilizzata nel fondo di un cassetto in attesa che qualcuno la rispolveri in occasione del primo picnic primaverile o della prossima gita al mare. Abbinando, questo piccolo convertitore sarà possibile "traslare" le stazioni radio presenti nella banda delle onde corte su una frequenza libera delle onde medie ed ascoltarle attraverso l'altoparlante della radiolina casalinga.

LA CONVERSIONE DI FREQUENZA.

Il principio di funzionamento è quello della supereterodina ovvero della conversione di frequenza, in pratica si miscela il segnale proveniente dalla stazione sintonizzata con quello prodotto da un oscillatore locale che lavora a una frequenza superiore di qualche centinaio di Khz (800-1000 Khz); il risultato di quest'operazione, è la produzione di due nuovi segnali, aventi rispettivamente, come frequenza base, la somma e la differenza delle frequenze delle due sorgenti di partenza.

Facendo un esempio pratico, ipotizzando di voler ascoltare una stazione che trasmette in onde corte su i 10Mhz e volendola ascoltare in onde medie sulla frequenza di 800Khz, misceleremo il segnale ricevuto con uno di 10,8Mhz ottenendo in uscita dal miscelatore due nuovi segnali con frequenze pari a 20,8Mhz (somma) e 800Khz (differenza), sarà sufficiente collegare tramite un spezzone di filo, il convertitore con la nostra radiolina sintonizzata sugli 800Khz, per ascoltare in tutta comodità l'emittente prescelta.
In sostanza il sistema convertitore/radiolina è a tutti gli effetti, un ricevitore a doppia conversione, dove la prima conversione è quella effettuata da nostro circuito mentre la seconda, solitamente a 455khz, è quella operata all'interno della radiolina stessa.
Come avrete modo di costatare, si tratta di una configurazione molto sensibile e selettiva, che vi permetterà di ascoltare anche le stazioni più deboli.

Figura 1: schema a blocchi.

Figura 3: il circuito stampato

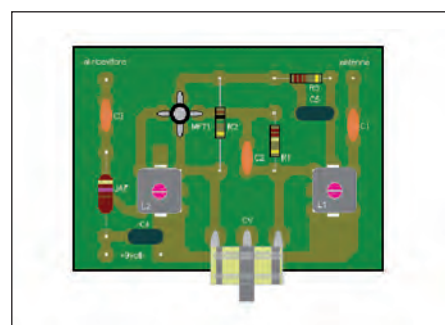



Figura 4: piano di montaggio

SCHEMA ELETTRICO

Il circuito è semplificato “all’osso”, le funzioni di mixer e oscillatore locale sono svolte contemporaneamente dallo stesso mosfet, si tratta di un elemento a due “gate”, utilizzato normalmente fino alle UHF come mixer o amplificatore RF; essendo un componente controllato in tensione, il suo funzionamento è molto simile ai tubi termoionici di una volta.
Il segnale proveniente dall’antenna e sintonizzato da L1/Cva è applicato al gate 1 per essere miscelato con quello prodotto dall’auto-oscillazione generata dal mosfet stesso.
L’innesco delle oscillazioni è garantito dalla reazione positiva indotta tra drain e gate 2 dalla bobina L2. La frequenza è regolabile tramite Cvb, che assieme a Cva costituisce l’elemento di sintonia delle stazioni radio.

Il segnale miscelato è presente con le sue componenti, somma e differenza sul secondario di L2 e può essere inviato tramite il condensatore C3 alla radiolina.
L’impedenza JAF blocca i residui di radiofrequenza, impedendo che si riversino sull’alimentazione.

MONTAGGIO E TARATURA

Il montaggio può essere eseguito comodamente utilizzando il circuito stampato visibile in figura 3, aiutandosi con il piano di montaggio di **figura 4**.

Il mosfet può essere tranquillamente sostituito con qualsiasi equivalente; per le bobine sono state usate un paio di medie frequenze, per ricevitori FM color rosa (da 10.7Mhz), per intenderci quelle prive di condensatore di accordo interno; le quali permettono la sintonia delle stazioni nella gamma che va 10 a 20Mhz circa.
Comunque molto dipende anche dal condensatore variabile che sceglierete di utilizzare, nel prototipo è stato usato un comune variabile da 140+70 pf, facilmente reperibile su Ebay a pochi spiccioli.
Ricordate di utilizzare la sezione di CV a minore capacità per governare l’oscillatore locale e l’altra in accoppiamento con la bobina d’ingresso L1.
Naturalmente per L1 e L2 oltre ad utilizzare delle vecchie medie frequenze FM, è possibile realizzare avvolgimenti specifici ad esempio utilizzando un paio di nuclei toroidali, in questo caso, non potendo regolare l’induttanza, sarà necessario applicare in parallelo un paio di compensatori da 15-20 pf.
Completato il circuito, sarebbe opportuno racchiudere tutto in un contenitore metallico, da cui far fuoriuscire i collegamenti previsti per l’alimentazione, l’antenna e il filo che andrà posto come vedremo successivamente in prossimità della radiolina.

TARATURA

Verificata la correttezza dei collegamenti e in generale del montaggio, per la taratura potete procedere nel seguente modo:

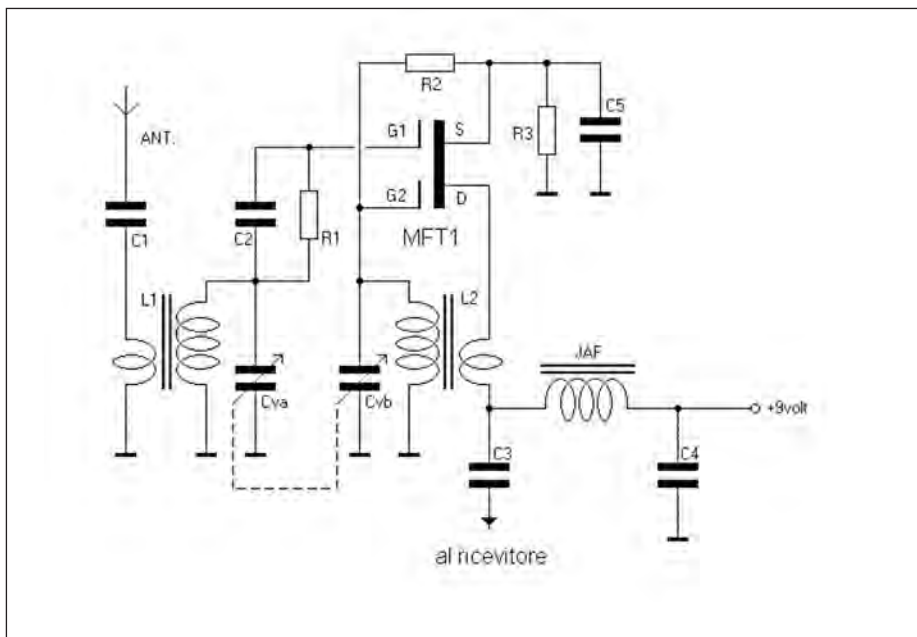



Figura 2: schema elettrico del ricevitore

LISTA COMPONENTI	
R1	220 Kohm 1/4w
R2	1 Mohm 1/4w
R3	220 ohm 1/4w
C1	120pf ceramico
C2	68pf ceramico
C3	1nf ceramico
C4	220nf poliestere
C5	15nf ceramico
JAF	470uh
L1,L2	MF 10.7mhz rosa
CV	140+70 pf variabile
MTF1	bf960

1) Applicate un filo lungo circa un paio di metri come antenna (la lunghezza in questa fase non è critica)

2) Avvolgete attorno alla radiolina 4-5 spire di filo per collegamenti, che andrete poi a connettere al condensatore C3.

3) Accendete la radiolina e sintonizzatela su una frequenza libera attorno agli 800-1000Khz.

4) Date tensione al convertitore, regolate il nucleo di L2 a metà altezza e agendo lentamente sul condensatore variabile, cercate di sintonizzare una stazione di media potenza, se non riuscite a ricevere nulla controllate con un frequenzimetro il corretto innesco delle oscillazioni di MFT1, in caso di mancato innesco controllate il corretto collegamento di L2.

Regolate L1 per la massima intensità della stazione ricevuta.

Fatto questo, il vostro piccolo convertitore è pronto a entrare in servizio. ❑

CODICE MIP 2822193

Lo shop della Community dell'elettronica

PRIMO PIANO

Sviluppare con Stellaris ARM

EasyMx PRO v7 for Stellaris ARM è una piattaforma di sviluppo completa per i microcontrollori Stellaris ARM Cortex-M3 e Cortex-M4. Contiene molti moduli on-board necessari per lo sviluppo di una vasta varietà di applicazioni, incluso il multimediale, Ethernet, USB, CAN e altro. Il programmatore e il debugger on-board supportano oltre 270 microcontrollori ARM. La piattaforma è venduta con un socket MCU contenente l'LM3S9B95. EasyMx PRO v7 ruota intorno alla connettività. Avendo due connettori differenti per ogni porta, sarete in grado di connettere schede accessorie, sensori o le tue schede elettroniche in modo più facile che mai. Il potente programmatore on-board mikroProg e il debugger hardware possono programmare e fare il debug di oltre 270 dispositivi Stellaris. Ne avrete bisogno, sia che voi siate neofiti o professionisti.

CODICE: EASYMX-PRO-ST PREZZO: €192,39

NOVITA'

Penna per touch screen

Una penna di plastica progettata specificatamente per touch screen.

CODICE: EP-PLASTIC-PEN
PREZZO: € 2,30

NOVITA'

Robotics Shield Kit per Arduino

Rendete Arduino il cervello di un robot mobile e imparate la robotica, l'elettronica e la programmazione con questo kit versatile e le lezioni passo passo incluse. La Board of Education Shield si collega ad Arduino (non incluso) e si monta sul popolare chassis Boe-Bot. Con questo kit e il modulo Arduino, potrete seguire la Robotica con le lezioni Board of Education Shield for Arduino avente oltre 40 attività su cui mettere le mani.

CODICE: 130-35000
PREZZO: €119,79

NOVITA'

Bluetooth stick

BlueTooth 2 Stick offre capacità wireless ai vostri prodotti in maniera economica e a basso voltaggio ai vostri prodotto. Il WT41 on-board è un modulo Bluetooth a lungo raggio e offre un raggio d'azione di 1000 metri tra due moduli Bluetooth WT41. Utilizza un semplice e facile protocollo UART per la comunicazione. Il basso consumo di corrente e un alto data rate rendono questo dispositivo la scelta migliore per scanner di codici a barre, sistemi di monitoraggio e misurazione, sensori industriali e di controllo, dispositivi medici e altro.

CODICE: BLUETOOTH2-STK PREZZO: €66,55

OFFERTA

Propeller Stick

Il PropStick USB consiste in un rapido sistema di sviluppo molto compatto per il chip Propeller. È composto da tutti i 32 pin di I/O della CPU P8X32A-M44 Propeller chip, 32 kB EEPROM, regolatore 3.3 V, interfaccia FTDI mini USB, e pulsante di reset. Il quarzo a 5.00 MHz è zoccolato per una facile sostituibilità. Questo modulo è molto versatile e potrà essere usato sia per i prototipi che nei laboratori per scopi educational.

CODICE: 32210 PREZZO: € ~~107,60~~ € 83,49

OFFERTA

Compilatore C per AVR

mikroC PRO for AVR è un compilatore C completo per i microcontroller Atmel AVR e XMega. E' la soluzione migliore per sviluppare codice per i dispositivi Atmel. Fornisce un IDE intuitivo, un compilatore potente con ottimizzazioni avanzate, innumerevoli librerie hardware e software e strumenti aggiuntivi che vi aiuteranno nel vostro lavoro. mikroC è provvisto di un file di Help comprensibile e differenti esempi pronti all'uso progettati per farvi apprendere velocemente. La licenza del compilatore include upgrade gratuiti e un supporto tecnico del prodotto a vita. Il dongle USB incluso vi permette di usare il compilatore su qualsiasi computer volete a patto di avere una porta USB libera!

CODICE: MIKROC-AVR-D

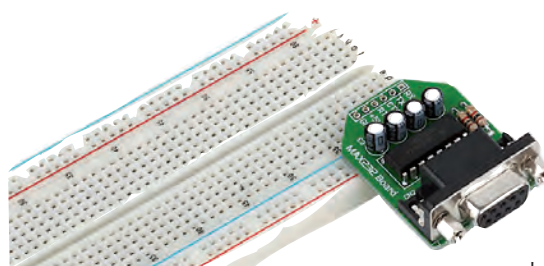
PREZZO: € ~~240,79~~ € 180,29

OFFERTA

Propeller Chip

Integrato con 8 processori (Cogs) accessibili simultaneamente. L'integrato è programmabile in due linguaggi di programmazione uno ad alto livello, denominato Spin (molto simile al BASIC) e un linguaggio di livello inferiore (assembler). Il modulo Propeller ha un clock interno e usa una memoria RAM per memorizzare il codice. E' possibile aggiungere un EEPROM esterna per memorizzare codice in maniera non volatile. Il chip può essere utilizzato con diverse modalità di CLOCK: con un cristallo esterno da 4-8MHz (16 x PLL), con l'oscillatore interno ~12 MHz o ~20 kHz o con pilotaggio diretto. Con il Kit di Parallax è possibile interagire con i Propeller attraverso mouse, tastiera, segnali video, LCD, motori passo passo e sensori.

CODICE: P8X32A-D40

PREZZO: € ~~10,77~~ € 8,35

Convertitore seriale TTL/RS232

Un convertitore TTL>RS232 progettato per connettere qualsiasi dispositivo seriale a una porta standard seriale RS232. Questa scheda fornisce MAX232N (Driver/Ricevitore dual RS232), connettore DB9 d'alta qualità e tutti i componenti necessari passivi.

CODICE: EP-MAX232 PREZZO: € 9,08

BUNDLE

6 pubblicazioni digitali per te

Un bundle di 6 FE Digital Extra a un prezzo incredibilmente conveniente. Il bundle comprende i seguenti fascicoli in formato pdf: “100 progetti per 1000 applicazioni”, “200 progetti per 2000 applicazioni”, “AVR projects”, “Costruisci la tua CNC”, “PIC Projects vol.1”, “PIC Projects vol.2”

CODICE: BUNDLE DE

PREZZO: € 9.90

Lo shop della Community dell'elettronica

BEST SELLER

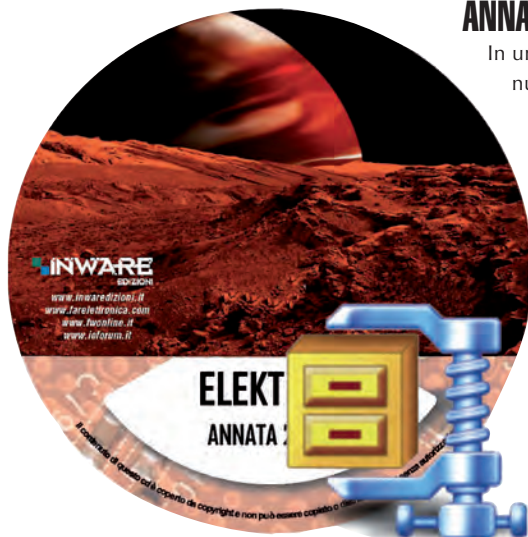
Programmatore per ARM

mikroProg™ for Stellaris® è un veloce programmatore e debugger hardware. mikroProg™ supporta tutti i dispositivi Stellaris® ARM® Cortex™-M3 e Cortex™-M4 in un singolo programmatore. Grandi prestazioni, facile operatività, design elegante e basso costo compongono le caratteristiche di punta di questo dispositivo. E' supportato nei compilatori mikroElektronika ARM® così come in tutti gli altri compilatori ARM®. mikroProg™ ha il supporto nativo per il debugging hardware passo-a-passo. Il debugger è un modulo DLL separato nei compilatori mikroElektronika ARM® che supporta le operazioni di debugging Step-over, Step-into, Step-out, Run, Run To Cursor. Inoltre, il debugger supporta breakpoint standard e avanzati che permettono di ottenere il massimo potenziale di un debugging veloce.

CODICE: MIKROPROG-ARM PREZZO: €62,92

ANNATA Elektor 2011

In un comodo file zip da scaricare, tutti i numeri di Elektor del 2011 in pdf ad alta risoluzione! Potrai così visualizzare le singole riviste e stampare gli articoli che più ti interessano senza perdita di qualità. Nel file zip è incluso anche una comodissima interfaccia utente che ti permetterà di navigare nelle riviste con estrema facilità.

CODICE: FE-EK2011
PREZZO: €9,98

Controllo vocale

SmartVR DK è un kit di sviluppo per il Modulo SmartVR che include tutto il software e l'hardware di cui avete bisogno per sviluppare in modo facile e veloce capacità di voce e comunicazione alla vostra applicazione.

CODICE: FE-EK2011
PREZZO: €9,98

Connettori per breadboard

I Wire jumpers Maschio-Maschio sono usati per connettere vari componenti alle schede di prototipazione risolvendo i vostri problemi di connessione, offrendovi una soluzione economica e completa. La confezione è da 10 pezzi lunghi 15cm.

CODICE: EP-WIREJUMP3 PREZZO: € 3,03

prossimamente su Fare Elettronica

SENSORI DI CAMPO MAGNETICO MAGNETORESISTIVI

Dagli hard disk alle bussole elettroniche miniaturizzate, la misura del campo magnetico svolge un ruolo tecnologico fondamentale, nonostante il progettista elettronico sia spesso più abituato ad interagire con il campo elettrico. I sensori magnetoresistivi rappresentano un semplice e robusto strumento per la misura accurata del campo magnetico alla portata di ogni sperimentatore.

RADIO IN STILE VINTAGE

Il progetto di una radio “alla vecchia maniera” con cui i più anziani potranno rivivere il fascino della vecchia radio, mentre i più giovani potranno apprezzare l’elettronica di un tempo.

GIOCHIAMO CON I LED

Nella prima lezione abbiamo visto alcuni concetti base del C, in quella che invece stiamo andando ad affrontare vedremo finalmente il PIC in azione scrivendo il nostro primo programma per fare dei giochi di luce con i LED.

Indagine sui lettori

Aiutaci
a conoscerti meglio!

Con il tuo aiuto riusciremo ad offrirti una rivista sempre più in linea con le tue aspettative.

Compila online il questionario all'indirizzo
www.farelettronica.com/survey

Per ringraziarti per il tuo tempo e la tua cortesia, ti invieremo gratuitamente un bellissimo eBook del valore di 14,52 EUR!

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOPRASTANTE!

AVVERTENZE

Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.

La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.

Le informazioni richieste vanno riportate in modo identico in ciascuna delle parti di cui si compone il bollettino.

PRODOTTI

Se vuoi ordinare "offline" ovvero senza usare internet, usa il seguente modulo d'ordine **PRODOTTI**

COD. PRODOTTO	DESCRIZIONE	PREZZO UNITARIO	Q.tà	Totale

SUB TOTALE	
SPESE DI SPEDIZIONE	
TOTALE	

Nota. Se le righe non sono sufficienti, utilizzare più copie del modulo.
Per maggiori dettagli sulle spese di spedizione e i metodi di pagamento vedi retro cartolina.

METODI DI PAGAMENTO

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **CONTRASSEGNO**

☐ MasterCard ☐ VISA ☐ postepay

TITOLARE. . . . .
NUMERO . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . .

FE 322

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, Via Giotto,7 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . Cognome . . . .
Indirizzo . . . . n° . . . .
Cap . . . . Città . . . . Prov . . . .
Tel . . . . Fax . . . . Email . . . .
Ragione Sociale . . . .
Codice fiscale . . . . Partita IVA . . . .

DATA . . . . FIRMA . . . . ☐ Fattura

ABBONAMENTO

Sì, mi abbono a Fare Elettronica

☐ Abbonamento TRIAL a 3 numeri di FARE ELETTRONICA a soli € 16,50 anzichè € 18,00
☐ Abbonamento PREMIUM a 11 numeri di FARE ELETTRONICA a soli € 55,00 anzichè € 66,00
☐ Abbonamento PRO a 11 numeri di FARE ELETTRONICA include il Cd dell'annata 2010 a soli € 59,50 anzichè € 96,00

FE 322

METODI DI PAGAMENTO (per maggiori dettagli vedi retro cartolina)

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **ALLEGO ASSEGNO** (Intestato a Inware Edizioni)

☐ MasterCard ☐ VISA ☐ postepay

PayPal fare il pagamento su paypal@inwaredizioni.it

TITOLARE. . . . .
NUMERO . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . .

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, Via Giotto,7 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . Cognome . . . .
Indirizzo . . . . n° . . . .
Cap . . . . Città . . . . Prov . . . .
Tel . . . . Fax . . . . Email . . . .
Ragione Sociale . . . .
Codice fiscale . . . . Partita IVA . . . .

DATA . . . . FIRMA . . . . ☐ Fattura

ISTRUZIONI PER L'ORDINE E SPESE DI SPEDIZIONE

Il modulo d'ordine dovrà essere compilato in tutte le sue parti ed inviato via posta o via fax ai recapiti indicati sul modulo d'ordine stesso. Gli ordini potranno essere fatti anche direttamente online dal sito www.ieshop.it. In questo caso non sarà necessario inviare il modulo d'ordine. Le spese di spedizione ammontano a euro 8,50 a cui vanno aggiunti euro 3,50 se si sceglie di pagare in contrassegno.

METODI DI PAGAMENTO

Si accettano pagamenti ino in contrassegno, carta di credit, bollettino postale o bonifico all'ordine. Per il contrassegno verrà applicata una spesa aggiuntiva di euro 3,50 per le spese di contrassegno. Forme diverse di pagamento devono essere previamente concordate.

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento.

Contrassegno

La merce verrà pagata direttamente al corriere alla consegna della merce. Il pagamento in contrassegno comporta l'addebito di euro 3,50per spese di contrassegno.

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

TERMINI E CONDIZIONI

Tutti i prodotti sono coperti da garanzia. La garanzia copre tutti i difetti di fabbricazione entro un anno dal ricevimento della merce. Tutti i prodotti non funzionanti per uso improprio o incuria non saranno ritenuti in garanzia e saranno addebitati gli eventuali costi di riparazione. Tutti i prodotti verranno riparati e/o sostituiti direttamente dal produttore. Non sono coperti da garanzia i componenti elettronici (microprocessori, memorie, ecc.) La garanzia dei prodotti si intende F.co ns. sede, le eventuali spese di trasporto sono a carico del cliente salvo accordi diversi. Per dar corso alla riparazione/sostituzione in garanzia è necessario seguire l'apposita procedura di RMA.

PRIVACY

Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni srl, Via Giotto 7 – 20032 Cormano o tramite email all'indirizzo info@inwaredizioni.it

---

ABBONARSI ALLE RIVISTE INWARE EDIZIONI CONVIENE!

I vantaggi per gli abbonati sono, oltre al prezzo bloccato per un anno, la ricezione del numero direttamente a casa con la garanzia di ricevere tutti i numeri. Inoltre un vistoso risparmio che, nel caso dell'abbonamento PLUS, ammonta a ben 36,50 euro. L'abbonamento ha una durata di 12 mesi e comporta l'invio di 11 numeri di Fare Elettronica. Eventuali variazioni di indirizzo andranno comunicate tempestivamente alla Redazione che provvederà a registrare il cambiamento senza alcuna spesa aggiuntiva. L'abbonamento decorrerà dal primo numero raggiungibile alla data di avvenuto pagamento. Non sono previsti rimborsi in caso di disdetta dell'abbonamento.

METODI DI PAGAMENTO

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento indicando nella causale:
"Abbonamento Fare Elettronica"

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

Assegno bancario

E' possibile spedire un assegno bancario insieme a questo coupon.

Paypal

Inviare il pagamento a paypal@invaredizioni.it.